Phys. g. 57-1

<36626168030012

<36626168030012

Bayer. Staatsbibliothek

Phys. gen. 292.
57

Physica. Systemata & methodi
179.

R

Anton Bruchausen
Professor auf der Universität zu Münster

Anweisung zur Physik

aus dem Lateinischen
mit Zusätzen und Anmerkungen
von
Joseph Bergmann
Professor zu Mainz

Erster Theil

mit 3 Kupfertafeln

Mainz
in der kurfürstlich privilegirten Universitätsbuchhandlung
1790

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Seiner

Erzbischöflichen Gnaden

dem

Hochwürdigsten Herrn

Herrn

Karl Theodor Anton Maria

Erzbischofe in Tarsus

Koadjutor der Kur- Erz- und Hochstifter zu Mainz, Worms und Konstanz, aus dem reichsfreyadelichen Geschlechte von und zu Dalberg ꝛc. ꝛc.

weihet in tiefester Ehrfurcht dieses Werk

J. Bergmann

Vorrede des Verfassers.

I.

Alle Körper stehen auf gewisse Art mit einander in Verbindung, und machen zusammen genommen ein ganzes aus, welches die Körperwelt genannt wird. Wenn wir die Eigenschaften der Körper erkennen, so verstehen wir auch oft großentheils, warum gewisse Wirkungen erfolgen; und alsdenn sagen wir, diese Wirkungen lassen sich aus der Natur der Körper erklären. Die Natur eines jeden Wesens, also auch eines Körpers und der ganzen Körperwelt, besteht in dem Inbegriffe aller Eigenschaften, worinn der hinlängliche Grund derjenigen Dinge liegt, welche in einem Körper oder in der Körperwelt zu geschehen pflegen.

II.

Daher ist die Naturwissenschaft oder Physik eine Kenntniß nicht nur der Wirkungen der Körperwelt, sondern auch der Ursachen, woraus diese Wirkungen erklärt werden. Die Lehrsätze, von deren Wahrheit wir versichert sind, wenn wir fleißig darauf achtgeben, was wir vermittelst der Sinne vernehmen, heißen Erfahrungssätze. Diese sind die ersten und vorzüglichsten Gründe der Naturwissenschaft, wozu wir nicht ohne Beobachtungen und ordentlich angestellte Versuche gelangen. Was bey diesen insgemein und insbesondere zu bemerken sey, lehrt die Logick. *

III.

Die Art und Weise, die Natur zu studieren, ist folgende. Erstens muß man mittelst der Versuche und Beobachtungen die Wirkungen kennen lernen; demnach soll man aus den sorgfältig untersuchten Erscheinungen die nächsten und besondern Ursachen derselben ergründen; hierauf von den besondern Ursachen und ihren Verhältnissen zu allgemeinern nach und nach fortschreiten, bis man

* Sieh Herrn Geh. Raths C. L. Hoffmanns Vorrede zur Abhandlung von den Pocken. I. Th.

man endlich, stufenweise von einer zur andern, zu den allgemeinsten gelange, das ist, zu Naturgesetzen oder Regeln, nach welchen die Natur zu wirken pflegt. Das ist die sogenannte Methode a posteriori, der Erfahrungs- und Beobachtungsweg, welcher gehörig vorausgeschickt uns bisweilen dahin leitet, daß wir auch die Methode a priori gebrauchen können. Wir setzen nämlich die aus Erfahrungen und Beobachtungen bestätigten Naturgesetze als gewiß und unbezweifelt voraus, und erklären darnach die einzelnen Phänomene oder Erscheinungen. *

 IV.

* Die Methode von den Ursachen auf die Wirkungen zu schließen, behauptete Ren. des Cartes, Princ. philos. p. 2. §. 22. p. 3. §. 4. 6. &c. -- Js. Newton schlug den entgegengesetzten Weg vor. L. 3. Princip. giebt er folgende Regeln zu philosophiren an. 1.) Man soll nicht mehrere Ursachen annehmen, als welche wahr und hinlänglich sind, die Wirkungen zu erklären. 2.) Von den nämlichen Wirkungen soll man, soviel es seyn kann, die nämlichen Ursachen angeben. 3.) Die Eigenschaften der Körper, welche nicht ab- und nicht zunehmen, und welche allen Körpern zukommen, mit welchen wir Versuche machen können, sind als allgemeine Eigenschaften zu betrachten. 4.) In der Experimentalphilosophie sind die Sätze, welche aus den Phänomenen gesammelt sind, ungeachtet entgegengesetzter Hypothesen, als wahr oder als höchst wahrscheinlich anzusehen, bis andere Erscheinungen vorkommen, welche dieselbigen mehr berichtigen, oder einer Ausnahme unterwerfen.

Musschen-

IV.

Dieser Methode zufolge als ich die zweyte Auflage meines physikalischen Lehrbuches besorgte, gieng mein Hauptbestreben dahin, daß ich es so-viel möglich, vollständig, hernach gründlich, und endlich zur Ausübung anwendbar machte.

1. Vollständig, nach allen ihren Theilen, kann zwar schwerlich oder gar nicht eine Naturlehre erwartet werden. Denn die Ursachen der kleinsten und gemeinsten Wirkungen sind nicht selten vor unsern Sinnen ganz verborgen, und ein einziger geringer Umstand stürzt öfters unsere Meinungen ein, die kurz zuvor das Ansehen eines ordentlichen Lehrgebäudes hatten. Doch hinderte mich dieses nicht mein Bestreben vorzüglich in diesem

Muſſchenbroek, *introd. ad Phyſ.* n. 31. ſqq. -- Ej. oratio de methodo inſtituendi experimenta. *Tentam. academ. del cimento.* — Leop. Biwald, Diſſert. de ſtudii phyſ. natura. a. 9. utra methodorum alteri præferenda ſit? *Inſtit. phyſ.* p. 1. — P. Paulian, Traité de paix entre des Cartes & Newton. Avign. 1763. — J. Senebier, Kunſt zu beobachten. Leipz. 1776. — Nollet, diſcours ſur les diſpoſitions & ſur les qualités, qu'il faut avoir pour faire du progrés dans l'étude de la phyſique experimentale. *Leçons de phyſique.*

diesem ersten Theile dahin zu richten, daß diejenigen Materien ergründet würden, welche vor andern nützlicher und erheblicher schienen.

2. Gründlich wird der Unterricht seyn, wenn die Lehrsätze und ihre Beweise so vorgetragen werden, daß sie die Zuhörer klar und deutlich einsehen. Deßwegen sollen die Sätze, besonders die Vordersätze, bis auf ihre ersten Noten zerleget werden, wenn sie nicht schon beym ersten Anblicke klar, oder für sich leicht einzusehen sind; die Beweise aber sollen bis auf die ersten Gründe * zurückgeführt werden. Indessen muß man sich hüten, daß man einem Satze keinen höhern Grad der Gewißheit einräume, als er verdient. Auch soll man nicht geneigt seyn, bey Erklärung der Naturbegebenheiten auf unterschiedliche Hypothesen zu verfallen. Es ist besser die Wirkungen zergliedert zu untersuchen, dieselben mit andern zu vergleichen, eins gegen das andere zu bemessen; und wenn man endlich keine Ursache findet, welche hinlänglich ist eine Wirkung zu erklären: so ist es rathsamer, seine Unwissenheit offenherzig zu gestehen, als ei-

* Bis auf die ersten Gründe? im mathematischen, metaphysischen oder physischen Sinne genommen?

ne Hypothese annehmen, welche sich vielleicht bald wieder verschlagen wird. *

3. Eins von den wesentlichsten Stücken ist es, daß, was in der Physik gelehrt wird, auch zur Ausübung anwendbar sey. Es ist besser, wenigere Theoreme geben, die anwendbar sind, als mehrere zusammenhäufen, welche mit andern Wissenschaften und Künsten keine Verbindung haben, oder deren Nutzen der Studierende nicht einsieht. Daß aber die Physik auf diese Art praktisch sey, wird erfodert, a.) eine Leichtigkeit oder Fertigkeit die gelehrten Grundsätze anzuwenden. Diese Fertigkeit erwirbt man am schicklichsten durch die sokratische Methode. Man trage den Zuhörern die Theoreme als Probleme vor, und suche mit ihnen die Auflösung. Man zeige, wie gleichsam zufälliger Weise Sachen gefunden werden; was für ein Verhältniß zwischen dem Gegebenen und dem Gesuchten liege; was für weitere Schlußfolgen und Zugaben daraus können gemacht werden. b.) Man zeige, wie gelehrte Männer, welchen schon vieles bekannt war

* C. L. Hoffmanns Abhandlung l. c. — G. E. Hambergeri *præfat. ad edit.* 3.*elem. phys. Jen.* 1741. de cautione in experientiis rite formandis & adplicandis adhibenda.

war, oder welche gewisse Phänomene, unvorgesehene Begebenheiten ꝛc. anzuwenden und zu ihrem Vorrathe zu benutzen wußten, durch Hilfe der synthetischen Methode viele vortreffliche Dinge entdecket, und weitere Spuren aufgefunden haben, noch mehreres zu entdecken; und wie sie endlich den analytischen Weg zu höhern oder tiefern Naturgeheimnissen ergriffen haben. Dadurch wird der angehende Physiker, zu gleichem Bestreben ermuntert, die Verdrüßlichkeiten und Beschwernisse überwinden lernen, welche aus langwierigen und tiefen Untersuchungen zu entstehen pflegen. c.) Es wird auch zu anhaltendem Eifer nicht wenig beytragen, wenn man dem Kandidaten diejenigen Wissenschaften und Künste vorläufig bekannt macht, welche mit der Physik in einiger Verbindung stehen.* So wird er den Werth, welcher in physischen Wahrheiten liegt, besser schätzen, denselben beflissener nachforschen; und wenn er einst zu andern damit verwandten Wissenschaften übergeht, so mag er sich selbst leicht durch ein Privatstudium die Bahne dazu machen.

V.

* Leop. Biwald, dissertatio de physicæ cum scientiis reliquis nexu. *Instit. phys. p. I.*

V.

Da ich diese drey Punkte von der Zeit der ersten Auflage sieben Jahre lang stets zu Gemüthe führte: so ist kein Wunder, daß in einem Werke, dessen Herausgabe ich damals wegen Mangels eines Handbuches beschleunigte, sehr viel zuverbessern, hinzuzusetzen, und in Ordnung zu bringen sich ergeben hat, welches nun wirklich verbessert, hinzugesetzt, und in Ordnung gebracht, der geneigte Leser finden wird, wenn er diese zweyte Auflage mit der ersten vergleichet. *

Vorrede

* Ant. Bruchausen. &c. institutionum Physicæ p. 1. 2. Monasterii 1775. 1777. — Ej. Editio II. emendatior & a priore multum diversa. p. 1. 2. 3. Monasterii Westph. typis Aschendorfianis. 1782. 1785.

Vorrede des Uibersetzers.

Daß der Herr Verfasser bey seiner zweyten Auflage nicht alles verbessert, hinzugesetzt und in Ordnung gebracht habe, * was zu verbessern, hinzuzusetzen und in Ordnung zu bringen war, wird aus den bey der Uebersetzung von mir unten angesetzten Noten erhellen. Es ist aber dieses seinem Ruhme eben so wenig nachtheilig, als allgemein bekannt ist, daß bisher noch kein einziges Werk aus Menschenhänden gegangen sey, an welchem die Nachwelt nichts und zwar aus guten Gründen auszustellen gewußt hätte. Unwissenheit, Stolz, oder mir selbst zu sehr geschmeichelt wäre es, wenn ich dächte, daß es diesem übersetzten und meiner Meinung nach sehr verbesserten Werke bald oder spat besser ergehen würde.

Wie

* Vorrede des Verfassers. n. V.

Alle Wissenschaften, so auch und besonders die Physik, werden täglich mit neuen Entdeckungen bereichert. Das Dunkle wird erklärt, das Zweifelhafte erörtert; was sonst höchst wahrscheinlich schien, wird nun als unwahrscheinlich bewiesen, und was man ehehin für unmöglich hielt, wird jetzt ausgeübt.

Indessen gestehe ich ganz gerne, daß unter allen physischen Elementarbüchern, wovon ich die meisten zu kennen glaube, und deren Werthe ich hiemit nichts benehmen will, keines in meine Hände gekommen sey, welches zu öffentlichen Vorlesungen tauglicher wäre, als das Bruchausische. Ich behaupte sogar, daß es in manchem Betrachte, vorzüglich demjenigen, welcher nach geendigter Philosophie auf die Arzneywissenschaft gründlich studieren will, unentbehrlich sey. Daß es in lateinischer Sprache verfasset ist, und zuweilen in der Art mit atqui und ergo zu beweisen etwa zu schulgerecht fortgeht, ist zwar gegen die jetzt herrschende Mode; benimmt aber dem innern Werthe nichts, und läßt sich leicht durch eine und zwar freye Uebersetzung verbessern. Der Engländer, der Franzose, der Italiener rc. lehrt alles, was seinen

Landsleuten gemeinnützig seyn soll, in seiner eigenen Muttersprache. Warum soll es der Deutsche nicht thun? Daß es bey diesem längere Zeit nicht geschehen ist, kam vermuthlich von einem besondern Vorurtheile her, da man sich einbildete, es könnte niemand den Namen eines Studierten oder Gelehrten haben, der nicht lateinisch gelernt hätte. Ja sogar Latein lernen und Studieren waren sonst hier zu Lande gleichbedeutende Wörter; gleichsam als wenn ein einzelnes (nicht einziges) Mittel, Wissenschaften zu erwerben, die Wissenschaften selbst wären; oder als wenn alle Gelehrtheit in einer einzigen Sprache eingeschlossen wäre. Ursachen anzuführen, warum gemeinnützige Wissenschaften und Künste in der Landessprache sollen gelehrt werden, ist hier der Ort nicht. Genug; diese kurze Erinnerung wird mich hinlänglich rechtfertigen, warum ich eine gute lateinische Physik ins Deutsche übersetzt habe, nämlich um sie gemeinnütziger oder jedem brauchbar zu machen. Denn die Naturwissenschaft ist nicht allein für die Gelehrten, sondern ein jeder Mensch ist einiger Maßen verbunden, sich darinn einigen Unterricht zu verschaffen. Sehr vieles, was die Natur hervorbringt, haben wir oft mit den unvernünftigen Thieren gemein; aber dadurch müssen

wir

wir uns von denselben unterscheiden, daß wir es als vernünftige Geschöpfe benutzen, das ist, mit klaren und deutlichen Kenntnissen alles dessen, was zu unserer Unterhaltung nothwendig, nützlich und angenehm ist. Daß auch der Kaufmann, der Künstler, der Handwerker, der Landmann, und ein jeder, der andere für sich arbeiten läßt, in seinen Geschäften und Verrichtungen desto glücklicher sey, je mehr er in der Naturwissenschaft bewandert und erfahren ist, ist eine Wahrheit, wovon uns der Flor der schönsten Künste in denjenigen Ländern überzeugt, in welchen diese Wissenschaft schon von längerer Zeit her nach Verdiensten geschätzt wird. Deßwegen pflegt man auch nun in allen wohleingerichteten Normal- Real- und Mittelschulen einigen Unterricht in der Naturlehre zu geben *

Es ist zwar nicht alles allen zu wissen nothwendig, noch dienlich; daher muß auch der Unterricht stands- und zweckmäßig eingerichtet seyn. Wenn aber derjenige, welcher den Namen eines Gelehrten oder Studierten

* S. Vorrede meines kurzen Unterrichts in der Naturwissenschaft für Kinder in den Realschulen. Mainz. 2te Aufl. 1784.

dierten sich anmaßet, aus der Ursache, weil vieles in der Physik sein eigentliches Brodstudium nicht ist, diese Wissenschaft mit einem verächtlichen Blicke ansieht, und als etwas überflüßiges vernachläßiget: so mag auf ihn nicht übel passen, was der Ritter Linne im 3. B. 233 S. der akademischen Belustigungen erzählt. „Samuel Klingenstierna ist von Friedrich I. König in Schweden nach Hofe berufen worden, elektrische Experimente zu machen. Als dieses geschehen war, fragte ein sonst ansehnlicher Mann, welcher diesem Dinge zugesehen hatte, mit einem höhnischen Lächeln: aber mein! Herr Klingenstierna! zu was nützt all dieses Zeug? Unlängst, antwortete der Professor, hat mir das nämliche vorgeworfen J. C. ein reicher Kaufmann, der Salz, Heringe, Stockfische u. d. gl. verkauft. Der sanftmüthigste König sagte hierauf lächelnd zu dem Edelmanne: Merken sie sich dieses.“ Wenn wir uns nur mit dem äußerst nöthigen begnügen sollten, wie viel würden wir entbehren müssen? So enge Schranken hat die Natur weder dem menschlichen Körper, noch weniger dem menschlichen Geiste gesetzt. Wie die Stände der Menschen auf dem Welttheater in einer großen Stufenreihe in Ansehung ihrer Würden, Aemter

und Verrichtungen von einander unterschieden sind: so geziemt es sich auch, daß sich der eine mehr, der andere weniger, ein jeder aber nach seinem Berufe, befähige, und vervollkommene. Die Natur ist die allgemeine Mutter. Seine Mutter miskennen, ist unartig für jenen, der Erkenntnißvermögen besitzt. Die Natur ist nach dem alten Sprüchworte in Rücksicht auf das gemeine Beste keine Stiefmutter; sie giebt einem jeden, was ihm nach seinem Stande angenehm, nützlich, und nothwendig seyn mag. Alles dieses ist der Gegenstand der Naturlehre. Die Schlußfolge giebt sich für einen jeden vernünftig denkenden von sich selbst. Woher soviel abergläubisches Wesen, soviel albernes Geschwätz von den Naturbegebenheiten, auch unter Personen, die in großem Ansehen stehen wollen, als von dem Mangel eines standsmäßigen Unterrichtes in der Naturwissenschaft? Wird dadurch ihr Stand und Ansehen nicht lächerlich gemacht, und herabgewürdiget?

Was man an Herrn Professor Bruchausens Elementarbuche am meisten vermisset, ist die physische Literatur. Dergleichen Bücher sollen zwar kurz verfasset seyn, und nur das wesentliche in ge-

gehöriger Ordnung enthalten, so daß sie dem Lehrenden sowohl als Lernenden blos zum Leitfaden dienen. Wenn aber jemand nach empfangenen Elementarbegriffen sich weitere Kenntnisse erwerben will, so müssen ihm auch die Stellen bekannt gemacht werden, zu welchen er sich zu wenden habe. Diesen Abgang suchte ich zu ersetzen theils durch ein vorausgesetztes allgemeines Verzeichniß physischer Schriftsteller, * * * theils auch und besonders bey Abhandlung einzelner Materien durch Bemerkung solcher Stellen, welche vorzüglich dahin einschlagen, und sowohl für als gegen die behaupteten Sätze sprechen.

Blos scholastische Streitfragen und metaphysische Grübeleyen, übermäßige Neigung zu Systemen, Hypothesenkrämerey, Vorurtheile der Allgemeinheit, des Alterthums, der Gewohnheit, des Ansehens, der Neuheit, oder Mode, und wie sie ferner heißen, sind in diesem Lehrbuche sorgfältigst vermieden. Dagegen Versuche, Beobachtungen, Erfahrungen, angewandte Mathematik sind es, aus und nach welchen die Lehrsätze gezogen sind. Nach dieser Anleitung geht Experimentalphysik entweder vor der theoretischen her, oder begleitet sie als eine treue

Gefährtinn. An den dazu nothwendigen physischen Instrumenten darf es nicht fehlen; und bey der mainzer Akademie fehlt es bekanntlich um so weniger, da bereits auf höchste Verordnung unsers gnädigsten Kurfürsten und Herrn ein großer Vorrath von den besten Meistern in London verfertigt gekauft worden ist, und jährlich sehr beträchtlich vermehrt wird.

Ver-

* * *

Verzeichniß

physischer Schriftsteller.

Achard Fr. C. chymisch-physische Schriften. Berlin 1780.
Abhandlungen unterschiedlicher Akademien und gelehrter Gesellschaften.
— — Der königl. Societät zu London. (errichtet 1645.)
— — Der kaiserl. Akad. der Naturforscher. (1652.)
— — Der großherz. Akad. del Cimento zu Florenz. (1657.)
— — Der königl. Akad. zu Paris. (1666.)
— — Der königl. Akad. zu Berlin. (1700.)
— — Der kaiserl. Akad. zu Petersburg. (1725.)
— — Der königl. Societät zu Upsal. (1725.)
— — Der königl. Akademie zu Stockholm. (1739.)
— — Der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig. (1747.)
— — Der königl. Societät zu Göttingen. (1750.)
— — Der baseler Gesellschaft (1751.)
— — Der edinburger Gesellschaft. (1754.)
— — Der kurfürstl. mainz. Akademie zu Erfurt. (1754.)
— — Der Gesellschaft zu Harlem. (1755.)
— — Der königl. Societät zu Turin. (1760.)
— — Der naturforsch. Gesellschaft zu Zürich. (1761.)
— — Der kurpfälz. Akademie zu Mannheim. (1763.)
— — Der Gesellschaft der Experimentalphilos. zu Rotterdam. (1769.)
— — Der philos. Societät zu Philadelphia. (1769.)
— — Der fürstl. Akademie zu Gießen. (1773.)
— — Der berlin. Gesellschaft naturforschender Freunde. (1773.)
— — Einer Privatgesellschaft in Böhmen. (1775.)

Acta eruditorum *Lipsiensia*. 1682. u. f. 4.

Aristotelis naturalis auscultationis L. 8. und seine übrige physikalische Werke, im 1. B. der Duvallischen Ausgabe.

Arwood, *G*. compendio d'un corso di lezioni di fisica sperimentale tradotto dell' idioma inglese ed accrescinto di una dissertatione sul computo dell' errore probabile nelle sperienze et osservazioni dell' P. Greg. Fontana. Pavia 1781.

Bacon Franc. de *Verulamio* scripta in naturali et universa philosophia. Amstelod. 1653. 12.

Baylé Fr. Institutiones physicæ. Francof. 1703. T. I. II. 4.

Beck D. Institutiones physicæ gener. Salisb. 1789.

Ej. Institutiones phys. partic. ibid. 1783.

Ej. Epitome philos. experiment. ibid. 1772.

Bernoulli Jac. opera. Genev. 1744. T. I. II. 4.

Bernoulli Joan. opera omnia. Lauf. et Genev. 1742. T. I. IV. 4.

Bertier, principes physiques. Paris. 1764.

Biwald Leop. Institutiones physicæ. edit. 3tia. Græcii. T. I. II. gr. 8.

Böckmanns Joh. Lor. Naturlehre oder die gänzlich umgearbeite Malerische Physik. Karlsr. 1775. gr. 8.

Ebend. Kleine Schriften physischen Inhalts. 1. Th. Stutgard 1789. gr. 8.

Boscowich Rog. Jos. Philosophiæ natur. theoria redacta ad unicam legem. Vindob. 1759. 4.

Boylé Rob. opera varia. Genev. 1677. 4.

Bülffingeri G. Bern. elementa phys. Lips. 1742. 8.

Des Cartes Ren. opera omnia. Amstel. 1692 - 1701. T. I. IX. 4. — Ej. principia philosophiæ im 2. B.

Caſati P. Mechanicorum LL. 8. Lugd. 1684. 4.

De la Cepede, Phyſique génerale et particulière. Paris 1783. 84.

Crell Lor. chemiſche Annalen für Freunde der Naturlehre ꝛc. Helmſtädt. 1784. u. f. 8. Nebſt Beyträgen 1786. u. f.

Cruſius Chr. Aug. Anleitung über natürliche Begebenheiten ordentlich nachzudenken. Leipz. 1750. 8.

Deſaguliers J. T. Courſe of experimental philoſophy. Lond. 1745. T. I. II. 4.

Duhamel J. B. philoſophia vetus et nova. Paris. 1681. 4.

Eberhards J. P. erſte Gründe der Naturlehre. Halle 1767. 8.

Ebend. Sammlung der ausgemachten Wahrheiten in der Naturlehre. Halle 1755. 8.

Ebert J. Jac. kurze Unterweiſung und Anfangsgründe der Naturlehre. Leip. 1775. 8.

Ephemerides ſocietatis meteorologicæ palatinæ, hiſtoria et obſervationes. 1. Jahrg. 1783. u. f.

Erxleben P. C. Polyk. Anfangsgründe der Naturlehre, mit Zuſätzen von G. C. Lichtenberg. Göttingen. 1787. 8.

Ebend. phyſikaliſche Bibliothek. Götting. 1774.

Euleri Leon. opuſcula varii argumenti. Berol. 1746 - 51. T. I. III. 4.

Ebend. Briefe an eine deutſche Prinzeſſin über verſchiedene Gegenſtände aus der Phyſik. Leipz. 1769 - 74. T. I. III. gr. 8.

Fabri Hon. ſynopſis phyſica. Lugd. 1669 - 71. T. I. IV. 4.

Ferguſon J. Lectures on ſelect ſubjects. 5. edit. London 1776.

Fontana F. opuſcoli ſcientifici. Firenze 1783.

Fortunati a Brixia philoſophia ſenſuum mechanica. Brixiæ 1757. T. I. IV. 4.

Gabler M. Naturlehre. München. 1778. 4. Th. 8.

Galilæi Galil. opera omnia. Bonon. 1656. T. I. II. 4.

Gehler J. S. T. physikalisches Wörterbuch. Leipz. 1. 2. Th. 1787 - 89. gr. 8.

Gordon Andr. phys. experim. elementa. Erford. 1751. T. I. II. 8.

Grant Bern. praelectiones encyclop. in phys. experiment, Erford. 1770. 8.

s'Gravesande G. J. physices elementa mathematica experimentis confirmata. Leid. 1742. T. I. II. gr. 4.

Hamberger A. Albr. allgemeine Experimentalnaturlehre. Jena 1774. 8.

Hambergeri G. E. elementa physices. Jenæ 1735. 8.

Hanovii Melch. C. philosophia natur. Halæ. 1763. 4.

Hauser Berth. elementa philosophiæ ad rationis et experientiæ ductum, vom 4 - 8 T. Augustæ vindel. et Oeniponti. 1758. 8.

Hawksbee Franc. Course of mechanical experiments. Lond. 1709. 4.

Helsham R. Course of lectures in natural philosophy, publ. by Bryan Robinson. 4. edit. Lond. 1767. gr. 8.

Henner Blas. Conatus physico - experimentales. Wirceburgi. 1756 - 61. t. I. II. 8.

Hollmanni Sam. C. commentationum in reg. scientiarum societate recensitarum sylloge. Goettingæ 1762. 4.

Ej. Philosophiæ naturalis primæ lineæ. Goettingæ 1777. 8.

Hooke Rob. philosophical experiments and observations publ. by Will. Derham. Lond. 1726. 8.

Horvath J. B. physica. Aug. vindel. 1772. T. I. II. 8.

Hugenii Chr. opera varia, cura G. J. Gravesande. Lugd. Bat. 1724. T. I. II. 4.

Ingen-Housz J. vermischte Schriften physisch-medizinischen Inhalts, übersetzt und herausgegeben von N. C. Molitor. Wien 1784. T. I. II. gr. 8.

Journal des Sçavans. Paris. 1665. u. f.

Kæstner A. G. Dissertationes mathematicæ et physicæ. Altenb. 1771. 4.

Ebend. angewandte Mathematik.

Kant, J. metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Riga 1786. 8.

Karsten W. J. G. Anfangsgründe der Naturlehre. Halle. 1780. 8.

Ebend. Einleitung in die angewandte Mathematik.

Ebend. Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur, besonders für angehende Aerzte, Kameralisten und Oekonomen. Halle 1783. 8.

Ebend. kurzer Entwurf der Naturwissenschaft, vornemlich ihres chemischen Theils. Halle. 1785. 8.

Keilli J. introductiones ad veram physicam. Lugd. Bat. 1739. gr. 4.

Khell J. physica ex recentiorum observationibus. Viennæ. 1751. T. I. II. 4.

Kircheri Athan. mundus subterraneus. Amstelod. 1664. f.

Ej. Ars magna lucis et umbræ. Romæ 1645. f.

Ej. Magnes. Coloniæ 1643. f.

Ej. Phonurgia. Campid. 1673. f.

Ej. Musurgia univers. Romæ 1650. f.

Klügel

Klügel G. S. Encyclopädie. Berlin und Stettin 1782. 8.

Kraftii G. W. prælectiones in physicam. Tubingæ. 1765. T. I. III. 8.

Kraz G. de viribus corporum. Ingolst. et Monachii 1759. 8.

Kratzenstein C. G. Vorlesungen über die Experimentalphysik. Koppenh. 1782.

Krüger J. G. Naturlehre. Halle. 1750. 8.

Ebend. Auszug. Helmst. 1759. 8.

De Lanis Franc. Magisterium naturæ et artis. Brixiæ 1682. T. I. III. f.

Leibnitii Goth. G. opera omnia. Genev. 1768. T. I. IV. 4. — P. 1. T. II. continens physica.

Lucretii T. Cari de rerum natura. L. VI. Basil. 1770. gr. 8.

Maclaurin an account of Sir Js. Newtons philosophical discoveries. Lond. 1748. 4.

Magazin allgemeines der Natur, Kunst und Wissensch. Leipz. 1753. u. f.

— — Berlinisches. 1765. u. f.

— — Bernisches. 1775. u. f.

— — Bremisches. 1760. u. f.

— — Dresdnisches. 1759. u. f.

— — Göttingisches, von G. C. Lichtenberg und Georg Forster. 1780. u. f.

— — Gothaisches, von L. C. Lichtenberg, 1781. und fortgesetzt von Voigt.

— — Hamburgisches, 1747. u. f.

— — Leipziger, von Funk, Leske und Hindenburg. 1781. u. f.

— — Stralsundisches, 1767. u. f.

Mako

Mako P. compendiaria physicæ institutio. Vindob. 1774. T. I. II. 8.

Maler J. F. Physik. Karlsruhe. 1767. 8.

Mangold M. Philosophia recentior. Monachii et Ingolst. 1764. T. I. II. 8.

Mannichfaltigkeiten. Berlin. 1769. u. f. 8.

De Mr. Mariotte Oeuvres. à Leide 1717. T. I. II. 4.

De Maupertuis Oeuvres, nouv. edit. Lyon. 1756. T. I. IV. 4.

Mersenni M. cogitata physico-mathematica. Paris. 1644. 4.

Van Musschenbroek P. elementa physices. Lugd. B. 1734. 8.

Ej. introductio ad philosophiam naturalem. Lugd. B. 1762. T. I. II. 4.

Ej. physicæ experiment. et geometr. dissertationes. Lugd. B. 1729. 4.

Ej. Tentamina exper. nat. acad. del cimento. Lugd. B. 1731. 4.

Muys W. G. elementa physices. Amstelod. 1711. 4.

Newtoni Is. philosophiæ naturalis principia mathematica, perpetuis commentariis illustrata communi studio PP. Jaquier et le Seur. Colon. Allobrog. 1760. etc. edit. alt. T. I. III. gr. 4.

Nicholson Will. Einleitung in die Naturlehre aus dem Engl. mit Zusätzen und Anmerkungen von M. Aug. Fr. Lüdike, Pr. in Meissen 1. 2. B. 1787. 8.

van Nieuwentyt Bern. rechter Gebrauch der Weltbetrachtung. übers. von J. A. Segner. Jena 1747. 4.

Nollets

Nollets Vorlesungen über die Experimentalnaturlehre. Erfurt 1749=64. T. I. VI. 8.

Ebend. Kunst physikalische Versuche anzustellen. Leipz. 1771. T. I. III. 8.

Physikalische Belustigungen. Prag. 1770. u. f. 8.

Purchotii Edm. institutiones philosophicæ. Patav. 1733. 8.

Riccioli J. B. Geograph. et Hydrographia reformata. 1661. Bonon. LL. 13. f.

Rohault J. Physica, ex vers. S. Clarke. Lond. 1718. gr. 8.

Rozier, observations et memoires sur la physique etc. Paris 1773. u. f. gr. 4.

Sammlungen zur Physik ꝛc. Leipz. 1779. u. f.

Scheuchzer J. J. Naturwissenschaft. Zürich. 1711. T. I. II. 8.

Schotti Casp. anatomia physico-hydrostatica. Herbipoli 1663. LL. VIII. 8.

Ej. Iter extaticum Kircherianum prælusionibus et scholiis illustratum. ibid. 1660. 4.

Ej. Mechanica hydraulico-pneumatica. ibid. 1658. 4.

Ej. Magia universalis naturalis. ibid. 1657. P. I. IV. 4.

Ej. Technica curiosa. ibid. 1664. 4.

Schurer J. L. elemens de physique en forme de tables. Strasbourg 1786. 8.

Segner J. A. Einleitung in die Naturlehre. Göttingen. 1770. 8.

Senguerdi

Senguerdi W. philosophia naturalis. Lugd. B. 1685. 4.

Sennerti D. philosophia naturalis. Wittebergæ. 1618. 4.

Sigaud de la fond, Anleitung zur Experimentalphysik. Dresden 1774. T. I. II. gr. 8.

Ebend. Elemens de physique theorique et experimentale. Paris. 1778. T. I. IV. 8.

Ebend. Description et usage d'un cabinet de physique experimentale. Paris. 1775. T. I. II. 8.

Ebend. Dictionnaire de physique. Paris 1781. T. I. IV. gr. 8.

Silberschlag G. C. ausgesuchte Closterbergische Versuche in die Naturlehre und Mathematik. Berlin 1768. 8.

Sturmii J. C. physica electiva sive hypothetica. Norimb. 1697-1722. T. I. II. 4.

Ej. Collegium experimentale sive curiosum. Norimb. 1676-85. T. I. II. 4.

Teichmeyeri H. F. elementa philosophiæ naturalis experimentalis. Jenæ 1733.

Titii J. D. physieæ dogmaticæ elementa. Wittebergæ 1774. 8.

Ej. physicæ experimentalis elementa. Lipſ. 1782. 8.

Verdries J. M. conspectus philosophiæ naturalis. Giessæ 1720. 8.

Winkler J. H. Anfangsgründe der Physik. Leipz. 1754. 8.

Wolff

Wolff Chr. nützliche Versuche zu genauer Kenntniß der Natur. Halle 1721 = 23. T. I. III. 8.

Ebend. vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur. Halle 1723. 8.

Ebend. vernünftige Gedanken von den Absichten der natürlichen Dinge. Halle 1724. 8.

Wolfart P. institutio physica curiosa. Cassellæ 1712. 4.

Zanchi J. Philosophia mentis et sensuum. Viennæ 1750. T. II. III. 4.

In=

Inhalt

des ersten Theils.

Allgemeine Untersuchung über die Körper überhaupt.

Raum, Masse. S. 1.
Porosität. 2.
Dichtheit. Lockernheit. 3.
Undurchdringlichkeit. 4.
Theilbarkeit. 5.
Harte, weiche Körper. 10.
Flüßige, feste 11.
Elastische Körper. S. 12.
Spröde Körper. 14.
Zähe, blättrichte Körper. 15.
Bewegung und Ruhe insgemein 16.
Schwere. 26.
Zurückstoßende und anziehende Kräfte. 30.

Statik.

I. Art. Theorie des Gleichgewichtes, und des Hebels. 44.
II. Art. Der Schwerpunkt 57.
III. Art. Maschinen. 64.
A) Die Wage. 64.
B) Welle um die Axe. 68.
C) Zahnräder. 71.
D) Rollen, Flaschenzüge. 76.
E) Schiefe Ebene. 79.
F) Schraube, Keil. 82.

Besondere Gesetze der Bewegung.

I. Art. Zusammengesetzte Bewegung; geradlinigte, krummlinigte 86.
II. Art. Beschleunigte, und verminderte Bewegung. 100.
III. Art. Bewegung auf der schiefen Ebene 110.
IV. Art. Bewegung der Pendel. 114.
V. Art. Stoß der Körper. 119.
A) Bewegung aus dem geraden Stoße unelastischer Körper. 121.
B) Bewegung aus dem geraden Stoße elastischer Körper. 125.
C) Bewegung aus dem schiefen Stoße. 130.
D) Bewegung aus dem Stoße elastischer Körper mit harten. 131.
VI. Art. Hindernisse der Bewegung. 133.

Hydro-

Hydrostatik.

I. Art. Gleichgewicht flüßiger unelastischer Körper unter sich selbst. 140.
II. Art. Gleichgewicht flüßiger unelastischer Körper mit festen. 164.
III. Art. Besondere Eigenschaften und Gleichgewicht elastischer flüßiger Körper. 184.

Hydraulik.

I. Art. Einige Gesetze der Bewegung flüßiger unelastischer Körper. 189.
II. Art. Wirkung bewegter flüßiger unelastischer Körper auf feste. 193.

Zusammenhang und Anhang der Körper.

I. Art. Zusammenhang der Körper überhaupt 199.
II. Art. Zusammenhang fester Körper 203.
A) Absolute Stärke. 204.
Von Stricken u. d. g. 206.
Von Metallen. 208.
Von Hölzern. 210.
B) Respektive Stärke. 218.
C) Stärke der Säulen u. d. g. welche senkrecht aufgerichtet tragen. 230.
III. Art. Zusammenhang flüßiger Körper. 234.
IV. Art. Anhang flüßiger Körper an feste. 237.

Besondere Phänomene flüßiger Körper.

I. Art. Besondere Phänomene flüßiger Körper; — Haarröhrchen. 246.
II. Art. Erklärung derselben. 249.
III. Art. Uibergang flüßiger Körper aus einem festen in den andern. 258.
IV. Art. Auflösung der Körper überhaupt. 261
V. Art. Von der Auflösung ins besondere. 271.

Anweisung zur Physik.

Erster Theil.

Allgemeine Eigenschaften der Körper.

§. 1.

Inbegriff, Masse.

Ein jeder Körper hat eine dreyfache Ausdehnung, und besteht aus einer gewissen Anzahl Theilchen, welche die Materie des Körpers genannt werden. Wenn man nur die Größe dieser Ausdehnung, oder die Größe des Raumes, welchen der Körper einnimmt, betrachtet, so versteht man dadurch den Inbegriff (Volumen) des Körpers. Hingegen die Menge der Materie, welche der Körper unter einem bestimmten Raume enthält, heißt die Masse (Massa) desselben.*

* Materie ist ein jeder Gegenstand äußerer Sinne. Alle Körper in ihrem natürlichen Zustande sind ausgedehnt. Daher folgt aber nicht, daß auch alles, was ausgedehnt ist, ein Körper sey. Die verschiedenen Gränzen der Ausdehnung bestimmen die Verschiedenheit der Figur. Diese Gränzen, ohne alle dazwischen enthaltene Materie gedacht, geben den Begriff von dem leeren Raume. Hierüber verdienet nachgelesen zu werden Kants metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft; 1. Hauptst.

§. 2. Poren.

Wenn die Materie, woraus ein Körper zusammengesezt ist, den ganzen Raum, welchen der Körper einzunehmen scheint, nicht völlig einnimmt, sondern noch einige Theilchen dieses Raums zwischen den Bestandtheilchen des Körpers liegen: so nennt man dieses Poren oder Zwischenräume. Daß aber alle Körper ihre Poren haben, erhellt daraus, weil man sie in vielen Körpern mit freyem Auge, in den übrigen wenigstens mittels der Mikroskope entdecket. *

Die Anzahl, Größe und Figur der Poren ist in verschiedenen Körpern sehr unterschieden. Dieses zeigt sich bey mikroskopischen Beobachtungen, da in einem Körper mehrere, im andern wenigere; in diesem weitere, in jenem engere, an Figur sehr unterschiedene Poren vorkommen. **

§. 3.

* Poren ohne alle Materie lassen sich aus Erfahrungen nicht beweisen. Vergleiche diesen §. mit den §§. 33. 36. In den sichtbaren Poren ist gewöhnlich eine, fremdartige, flüßige Materie, welche nicht allzeit zur eigentlichen Masse des Körpers gehört. — Eine Kanne Salzwasser, und eine Kanne ungesalzenes unter einander vermischt, füllen weniger als zwo Kannen aus. Musschenbroek *Instit. phys.* n. 91. sq. — Sigaud de la Fond, Anweisung zur Experimentalphysik I. Th. §. 10. ꝛc. Sanctorius, *de statica medic.* — Leuwenhoek, *arc. nat.*

** Baker, *le microscope à la portée de tout le monde.* Daß eine Flüßigkeit leicht, die andere schwer, eine andere gar nicht in die Poren eines Körpers eindringe, beweiset im allgemeinen nichts für die unterschiedliche Größe und Figur derselben; sondern es kömmt von der verschiedenen Wahlanziehung und Anhängungskraft her.

§. 3. Dichte, lockere Körper.

Wenn zween Körper A und B von einerley Inbegriff sind: so wird der Körper A um so viel dichter seyn, als der Körper B, je mehr Masse er enthält; hingegen der Körper B wird desto lockerer seyn, je weniger Masse er hat. Wenn aber zween Körper A und B von gleicher Masse sind: so ist der Körper A um so viel dichter, je kleiner der Raum ist, unter welchem er sich befindet.

1. Zusatz. Daher sind die Dichtheiten zweener Körper unter einerley Raume im geraden Verhältnisse der Massen. Körper aber von einerley Masse verhalten sich in Ansehung ihrer Dichtheiten umgekehrt, wie ihre Räume.

2. Zusatz. Wenn sowohl die Massen als die Räume bey zweenen Körpern verschieden sind: so ist ihre Dichtheit im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem Geraden der Massen und umgekehrten der Räume. Die Masse des Körpers A sey M, der Raum V, die Dichtheit D; die Masse des Körpers B sey m, der Raum v, die Dichtheit d; man vergleiche damit einen Körper C, dessen Dichtheit sey k, der Raum v, die Masse M.

So ist 1.) A verglichen mit C wegen $M = M$
$D : k = v : V$.

und 2.) C verglichen mit B wegen $v = v$
$K : d = M : m$.

hiemit $DK : dk = D : d = vM : Vm$.

3. Zusatz. Da im ersten Falle $dvM = DVm$:
so ist 1.) $M : m = DV : dv$,
und 2.) $V : v = dM : Dm$.

4. Zusatz. Der Körper wird lockerer, wenn entweder eine und die nämliche Masse einen größern Raum einnimmt, welches geschieht durch Ausdehnung der Poren; oder wenn mit Beybehaltung des Inbegriffes etwas von der Masse genommen wird. Hingegen wird ein Körper dichter, wenn entweder die nämliche Masse in einen engern Raum gebracht wird, welches geschieht durch Verminderung der Poren; oder wenn mit Beybehaltung des Inbegriffes die Masse vermehrt wird. *

§. 4. Undurchdringlichkeit.

Wir wissen aus der Erfahrung, daß ein Körper den andern von dem Orte ausschließe, worinn er sich befindet; und wenn einer auf den andern stößt, gleichsam als wollte er ihn von seinem Orte vertreiben, so beobachten wir einen Widerstand. Das nämliche bezeugen unsere Sinne von einzelnen Theilchen der Körper, wovon ein jedes seinen besondern Ort einnimmt, in welchem ein anderes zugleich nicht ist.

Wir urtheilen daraus, daß alle körperliche Wesen undurchdringlich seyn.

Zusatz. Aus diesem erhellet, was man unter einer wahren Durchdringlichkeit verstehen solle; wenn nämlich ein Körper oder ein Theil desselben mit einem andern zugleich an einem und dem nämlichen Orte wäre. Deswegen wenn wir beobachten, daß ein Körper A in einen andern Körper B eindringe, so daß die Theile des Körpers A nur die Poren des Kör-

* Ein Körper läßt sich nur Vergleichungsweise mit einem andern dicht nennen; vollkommen dichte Körper sind uns keine bekannt.

Körpers B einnehmen: so ist es keine wahre, sondern nur eine scheinbare Durchdringlichkeit. Davon haben wir Beyspiele am Wasser, welches in einen Schwamm, in Holz ꝛc. eindringet. *

§. 5. Theilbarkeit.

Versuche. 1. Ein Gran Mastix in Rauch aufgelöst, erfüllet damit ein großes Zimmer.

2. In einem Tröpfchen Regenwasser, unter das Mikroskop gebracht, lassen sich viele kleine Thierchen hin und her schwimmend sehen.

3. Eine Unze Gold läßt sich in einen 222000 Ruthen langen Faden ziehen. Goldene Borten werden aus vergoldeten Silberfäden zubereitet; dabey kann man mit einem Grane Gold eine Oberfläche von 346 Quadratzollen überziehen, so daß auf der äußersten Fläche 692 Millionen Goldtheilchen sichtbar sind.]

4. Eine geringe Färbermasse färbet eine große Menge Wasser, und große Oberflächen fester Körper.

§. 6.

Uiberlegung. I. Gesetzt das Zimmer, welches von einem aufgelösten Grane Weihrauch angefüllt ist, sey 20 Schuhe lang, eben so breit, und 15 Schuhe hoch, hiemit von einem Inbegriffe von 6000 Kubikschuhen. Nimmt man ferner an, daß 500 Magsamenkörnchen in einer schuhlangen Linie

 liegen

* Biwald p. 1. s. 1. a. 2. 3. — Sigaud de la Fond I. Th. §. 9. ꝛc. — Nollets Vorlesuugen I. Th. von der Porosität. Aus der scheinbaren Durchdringlichkeit erklärt sich ganz natürlich, was man sonst für über = oder widernatürlich hielt. Es kömmt nur darauf an, daß eine Materie von großer Feinheit oder außerordentlicher Geschwindigkeit sey.

liegen können: so enthielte ein Kubikschuh 125000000 dergleichen Sämchen. Daraus läßt sich schließen, wie viel das angegebene Zimmer fassen könne. Da nun die aufgelösten und durch das ganze Zimmer zerstreuten Rauchtheilchen viel feiner sind: so ist der Schluß auf die große Anzahl und Kleinheit der Partikelchen, in welche ein Gran Weihrauch kann aufgelöst werden, leicht zu machen.

II. Die Thierchen, §. 5. n. 2. sind außerordentlich klein. Sie leben; haben folglich ihre Organen zur Bewegung und Empfindung, welche maschinemäßig aus verschiedenen Theilen zusammengesetzt sind; sie nehmen Nahrung zu sich, verdauen sie, werfen den Unrath aus ꝛc. Aus diesem mag jederman leicht auf die wunderbare Feinheit des Ganzen und der besondern Theile schließen. So kann man Uiberlegungen anstellen über den 3. und 4. Versuch.

Erfahrungssatz. Aus diesen und andern Versuchen und Beobachtunen* folgt offenbar, das alle Körper, welche in die Sinne fallen, in Theile von erstaunlicher Feinheit, die alle unsere Einbildungskraft übersteigt, theilbar seyn. **

§. 7.

* Sigaud de la Fond, Experimentalphysik. l. c. von Farben, Auflösungen, Dehnbarkeit der Metalle, besonderen Werken der Kunst und Natur, Ausdünstungen vornämlich riechender Körper ꝛc. — Henner, *experim.* p. 1. c. 5.

** Wenn man unterscheidet zwischen einer mathematischen und physischen Ausdehnung, so läßt sich die Frage leicht beantworten, ob und wie die Körper in das Unendliche

§. 7.

Wenn ein Körper in Theile zerlegt wird; so wird 1.) desselben Oberfläche, nicht aber 2.) seine Materie vermehrt; weder wird etwas aus dem Körper ausgezogen, was nicht zuvor darinn war; noch wird 3.) etwas von der Materie durch die Theilung zernichtet.

Denn 1.) ein jeder Theil ist von seiner Oberfläche begränzet, und durch die Theilung kommen immer neue zum Vorscheine. So wenn ein kleines Wasserkügelchen oder Tröpfchen in tausend kleinere, die einander gleich sind, getheilt wird: ist die Oberfläche des größern zu den Oberflächen der tausend kleinern wie 1 : 10. So wird 2.) aber durch die Theilung die Materie nicht vermehrt, weil die Theilung eine Zerlegung des Ganzen in seine Theile ist; alle Theile aber zusammen genommen, sind dem Ganzen

 gleich.

liche theilbar seyn? Die Erfahrung kann weder dafür weder dagegen sprechen. Ein anders ist, denken, der Raum sey in unendliche Theile theilbar, oder es sey möglich, daß unter einem Raume unendliche Theile der Materie seyn; ein anders, sagen, es seyn wirklich in irgend einem Raume unendliche Körpertheile. Wenn auch die ersten Elemente der Körper einfach sind: so ist es doch nicht wahrscheinlich, daß die Natur jemal soweit in ihrer Auflösung gehe.

Musschenbroek, *instit. phys.* §. 42. &c. — Van Nieuwentyt, rechter Gebrauch der Weltbetrachtung. — Keill, *introd. ad veram phys. Lect.* 3. 4. 5. — Leuwenhoek, arc. nat. — Nollet, 1. Vorles. von der Theilbarkeit. — s' Gravesande, *phys. elem. math.* l. 1. p. 1. c. 4. — Kant, methaph. Naturwiss. 2. Hauptst. 4. Lehrs.

gleich. 3.) Aus der nämlichen Ursache kann durch die Theilung nichts von der Materie zernichtet werden.

Zusatz. 1. Was durch die Theilung, sie geschehe durch die Natur oder durch die Kunst, aus einem Körper hervorgebracht wird, war schon zuvor wirklich darinn enthalten. Nicht das mindeste wird durch eine natürliche Kraft von neuem erschaffen.

Zusatz. 2. Daß sich aber nach einer Theilung Partikelchen äußern, welche solche Wirkungen machen, die man zuvor weder an dem ganzen Körper, noch an größern Theilen desselben verspürt hatte, daraus folgt keineswegs, das diese Theilchen nicht darinn wären versteckt gewesen. Sieh die Beyspiele §. 243. in dem Artikel von der Auflösung.

Zusatz. 3. Eine theilende Kraft mag noch so stark auf einen Körper wirken, wenn er auch in so kleine Theilchen aufgelöst wird, daß sie keinem Sinne mehr vernehmlich sind: so bleiben sie doch in ihrem Wesen. Wasser dünstet oft ganz aus, und verschwindet; es wird aber nur in unsichtbare Dämpfe verwandelt, ohne daß davon das mindeste zernichtet werde.

Zusatz. 4. Da einige Körper nach dem Maße ihrer Oberflächen wirken: so folgt, daß so die Kraft, wie die Oberflächen, vergrößert werde.

§. 8.

Lehrsatz. Wenn Körper in Theile getheilt werden, welche den ganzen und sich einander ähnlich sind: so nehmen diese Theile, in ein Gefäß eingeschlossen, den nämlichen Raum ein, welchen die ganze Körper zuvor eingenommen haben.

1.)

1.) Es sey ein Parallelepipedum ABCD, und in demselben vier gleiche Kugeln. (Fig. 1.) Der Halbmesser einer jeder Sphäre heiße a. So ist AB = BC = 4a, und die Tiefe des Parallelepipedums = 2a.

Daher ist sein Inhalt $= 4a. 4a. 2a = 32a^3$

Der Inhalt einer Sphäre ist $= \frac{4\pi a^3}{3}$

Demnach ist der Inhalt der vier Sphären $= \frac{16\pi a^3}{3}$

Der leere Raum zwischen den Sphären $= y^3$

Hiemit $\frac{16\pi a^3}{3} + y^3 = 32a^3$.

2.) Man theile nun jede Sphäre in vier kleinere, (Fig. 2.) und lege diese sechszehn in das Parallelepipedum EFGH: so ist EF = FG.

Der Halbmesser einer solchen viermal kleinern Sphäre sey = z.

Folglich $\frac{4\pi z^3}{3} \times 4 = \frac{4\pi a^3}{3}$

$z^3 = \frac{a^3}{4}$

$z = \frac{a}{\sqrt[3]{2^2}} = \frac{a}{2^{\frac{2}{3}}}$ = dem Durchmesser. Demnach ist

der Durchmesser der Sphäre $= \frac{2a}{2^{\frac{2}{3}}} = a \times 2^{1-\frac{2}{3}} = a\sqrt[3]{2}$.

$EF = 4a\sqrt[3]{2} = FG$.

Die Tiefe des Parallelepipedums $= a\sqrt[3]{2}$.

Folglich sein Inhalt $= 4a\sqrt[3]{2}.\ 4a\sqrt[3]{2}.\ a\sqrt[3]{2}. = 32a^3$.

Der leere Raum zwischen den sechszehn Kügelchen $= x^3$.

$$\frac{16\pi a^3}{3} + x^3 = 32a^3.$$

Also auch $x^3 = y^3$; und die Größe des leeren Raums mit dem Inhalte der Sphären ist in beyden Parallelepipeden gleich. Der nämliche Beweis gilt auch von jeden andern Körpern, wenn sie in kleinere ähnliche zertheilt werden. Die Anwendung dieses Lehrsatzes wird gemacht werden bey der Theorie von dem Kreislaufe des Geblütes.

§. 9.
Harte, weiche, flüßige, feste, elastische Körper ꝛc.*

Wenn wir einen Theil des Körpers von dem andern trennen wollen, so bemerken wir, daß eine gewisse Kraft dazu erfodert werde, den Zusammenhang zu überwinden. Wie aber die Theile eines Körpers stärker oder schwächer unter sich zusammen hangen, so nennen wir ihn hart oder weich. Ein vollkommen harter Körper würde derjenige heißen, dessen Theile sich durch keine erschaffene Kraft trennen, oder zusammen drücken ließen.

An-

* Härte, Weichheit, Flüßigkeit, Dichtheit, Elastizität, Durchsichtkeit, Farbe u. d. g. werden schicklicher besondere Zustände der Körper, als Eigenschaften genannt. Es sind verschiedene Wirkungen der Anziehungs- und Zurückstoßungskraft der Materie.

Anmerkung. Es sind uns keine vollkommen harte Körper bekannt. Denn, so viele wir kennen, lassen sich alle zerreiben, zerschlagen, durch das Feuer ausdehnen, durch die Kälte zusammenziehen rc.

§. 10.

Wir sehen, daß die Theile einiger Körper 1) sehr schwach unter sich zusammen hangen; und 2.) daß diese Theile so beweglich sind, daß sie bey der geringsten Veränderung ihrer Lage sich sehr leicht übereinander hin und her bewegen, und allzeit von sich selbst, wenn sie ruhen, eine horizontale Oberfläche annehmen. Solche Körper nennt man flüßige Körper, z. B. Wasser, Wein, Milch rc. Hingegen diejenigen, welchen diese beiden Eigenschaften nicht haben, heißen feste, solide Körper. *

§. 11.

* Die Flüßigkeit hat ihre Grade. Daher unterscheiden Boschowich und andere drey Hauptgattungen von Flüßigkeiten. Zu der ersten zählen sie z. B. Stäubchen, Sandkörnchen, Sämchen u. d. gl. Zur zweyten das Wasser, Quecksilber u. s. w. Zur dritten die Luft, allerley Dämpfe und Dünste. Daß die verschiedene Grade der Flüßigkeit von den verschiedenen Graden der Kälte und Wärme großentheils abhangen, ja so gar alle auch die festesten Körper durch das Feuer in flüßige können verwandelt werden, ist aus der Erfahrung bekannt.

Sur le rapport de differens degrés de fluidité des liquides. *Hist. de l' acad. roy. des Sc.* 1741. — Rob. Boylé, fluiditatis et firmitatis historia. *tentam. physiolog. Lond.* 1661. — Krafft, *prælect. in phys.* p. 1. c. 12.

§. 11.

Wir beobachten, daß viele Körper zwar können gebogen, ausgedehnt und zusammengedrückt werden; aber auch, wenn die beugende, ausdehnende oder zusammendrückende Kraft aufhört, sie ihre vorige Lage und Gestalt wieder annehmen; z. B. ein gespannter Bogen, ein gekrümmter Degen, eine gespannte Saite, eine zusammengewickelte Stahlfeder. Diese Eigenschaft der Körper heist Schnellkraft, Elastizität.

Wir beobachten ferner an einigen länglichten Körpern, z. B. an metallenen oder hölzernen Stangen, daß, wenn sie an einem Ende durch ein Gewicht gebogen werden, ihre obere Theile etwas voneinander weichen, die untern aber näher zusammen gehen. Bey einer gespannten und verlängerten Saite gehen einige Theile näher zusammen, andere von einander. Eine elastische Kugel, wenn sie an einen harten Körper anstößt, wird an der anstossenden Seite ebenflach gedruckt, und bekömmt da einen größern Durchmesser; der andere hingegen, welcher diesen senkrecht durchkreuzet, wird kleiner. Wenn aber die Kugel von allen Seiten gleich zusammen gedruckt wird: so kommen nur die Theilchen näher an einander.

§. 12.

Die Schnellkraft ist eine allgemeine Eigenschaft der Körper, die in unsere Sinne fallen. * Dieses lehrt

* S. oben §. 9. welche Note auch von der Elastizität, als Phänomen, verstanden werden kann. Die eigentliche Ursache der Elastizität liegt in der verschiedenen Kraft, wodurch die Theilchen eines Körpers unter sich zusammen hangen. s. unten §. 36. — Biwald, *inst. phys.* 1. p. 2. S. 2. a. 6.

Nach

lehrt uns die Erfahrung an allen bekannten Körpern, z. B. 1.) an Metallen, Halbmetallen, Steinen, Edelsteinen ꝛc. 2.) An allen Theilen des thierischen Körpers. 3.) An festen Theilen der Pflanzen, z. B. Wurzeln, Rinden, Blättern, Holz. 4.) Unter den flüßigen Körpern ist bekannt, wie groß die Schnellkraft der Luft sey. Wasser und andere Flüßigkeiten werden durch die Hitze ausgedehnt, durch die Kälte verdichtet.

§. 13.

Die Grade der Schnellkraft verändern sich auf vielerley Weise.

1.) Bey einigen Körpern wird die Schnellkraft durch die Feuchtigkeit, bei andern durch die Hitze vermindert; und durch eben dieselbe bey andern Körpern vermehrt. Einige behalten ihre Elastizität sehr lange; andere verlieren sie durch die Länge der Zeit.

2.) Es giebt Körper, welche für sich nicht sehr elastisch sind; aber unter einander vermischt eine große Schnellkraft erhalten: z. B. Zinn und Kupfer, jedes alleine, sind wenig elastisch; aber zusammen geschmolzen, und zu einer Glocke gegossen, äußern sie die größte Schnellkraft.

3.) Glühender Stahl im Wasser gähling abgelöscht, wird äußerst elastisch. Die übrigen Metalle werden durch das Hämmern elastischer. Diese Elastizität aber hat ihre Gränzen. So zerbrechen die

zu

Nach Kant ist alle Materie ursprünglich elastisch, und die Schnellkraft hat ihren Grund in der Zurückstoßungskraft. Andere suchen die Ursache der Elastizität in der Luft, in dem Aether, in der verschiedenen Figur der Poren. Verdries, *phyſ. gen.* c. 6. §. 6. — Hartsoeker, *Cours de physique. pag.* 61.

zu sehr gehämmerten Metalle ehender, als daß ihre Schnellkraft weiter zunähme. Eine Saite über die Gränzen ausgedehnt, wenn sie auch nicht zerspringt, geht doch nicht zu ihrer vorigen Länge zurücke. Holz zu stark gebogen nimmt die vorige Figur nicht wieder an. *

§. 14.

Unterschiedliche Körper sind hart und elastisch zugleich. Wenn auf einige Theile gestossen oder geschlagen wird, so werden auch andere entferntere Theile, auf welche diese Kraft nicht unmittelbar wirket, unregelmäßig von einander getrennt. Solche Körpet heißen spröde Körper, corpora rigida, z. B. Glas, Steine, Zucker 2c. Dergleichen Körper scheinen zusammengesetzt zu seyn aus elastischen Theilen, welche einen ungleichen Zusammenhang haben, und zugleich durch die Zusammenfügung selbst entweder zu stark gespannt, oder gepreßt sind.

Daher 1.) nach der Lage dieser Theile, wo der geringere Zusammenhang ist, die Trennung geschehen muß; und zngleich 2.) andere entferntere Theile durch die elastische Kraft getrennt werden, weil entweder Theile, welche gespannt waren, nach der Trennung sich schnell zusammenziehen, oder, welche zusammengepreßt waren, sich wieder ausdehnen. **

§. 15.

* Gravesande, *elem. phys.* l. 2. c. 12. — Nollet, 1. Th. 2. Vorles.

** Versuche mit den spröden Glastropfen, lacrymæ batavicæ, Springfäden, vermiculi vitrei, bologneser Flaschen, phialæ bononienses. — *Comment. instit. bonon.* t. 2. p. 1. pag. 321. 328. — M. C. Hanow Versuche. Abhandl.

§. 15.

Es giebt Körper, z. B. Holz, unterschiedliche Steine, deren Theile sich nicht leicht nach jeder Richtung, sondern nur nach gewissen Lagen trennen und spalten lassen. Man nennt sie blättrichte, faserichte Körper, corpora fissilia. Sie bestehen aus Blättern oder Fasern, welche schwächer unter sich zusammenhangen, als die Theilchen selbst, woraus die Blätter oder Fasern zusammengesetzt sind.

Daraus erhellet, 1.) warum sie nach der Richtung, nach welcher der mindere Zusammenhang ist, leichter zu trennen sind; und 2.) weil die Fibern bey der Spaltung gebogen werden, ziehen sie sich durch ihre Schnellkraft zusammen, und reißen auch die entferntern Theile mit sich ab, das ist, der Körper reißt, oder spaltet sich, wie man sagt, von selbst weiter.

§. 16.

Ein zäher Körper, ductile, ist derjenige, dessen Theile eine jede Lage annehmen, die man ihnen giebt, ohne daß der Zusammenhang dadurch geschwächt werde; z. B. feuchte Thonerde.

Be-

handl. der Naturforsch. Danziger Gesellsch. 1. Th. 534. S. 3. Th. 328. S. — Kæstner, eorum, quæ lacrymis vitreis accidunt, nova ratione explicandorum tentamen. *dissert. mathem. et phys.* n. 8.

Bewegung und Ruhe insgemein.

§. 17.

A. Erklärungen.

Unter Bewegung des Körpers versteht man den Uibergang desselben von einem Orte zum andern; die Beharrung an einem Orte heißt die Ruhe.*

Wenn man bey der Bewegung blos auf die Veränderung des Orts sieht, ohne auf die Größe, Figur und andere Eigenschaften des Körpers Rucksicht zu nehmen; so kann man den bewegten Körper als einen Punkt ansehen, der durch seine Bewegung eine Linie beschreibt, welche unter dem Namen des Raums oder Wegs, Spatium, der gemacht wird, bekannt ist. Wenn diese Linie, welche auch die Direktions-Linie heißt, durchaus gerade ist, so nennt man es eine gradlinigte Bewegung. Ist sie aber krumm, oder wenn der Körper von seiner erstern Richtung abgeht, so ist es eine krummlinigte Bewegung.

Bey einer jeden Bewegung sind folgende Stücke zu betrachten.

1.) Die Bewegkraft, vis motrix, wodurch ein Körper das Vermögen oder die Neigung sich zu bewegen erhält, es mag nun wirklich die Bewegung erfolgen, oder verhindert werden.

2.) Der Weg oder Raum, welcher bey der Bewegung gemacht wird.

3) Die Zeit, innerhalb welcher die Bewegung geschieht.

Aus

* Was absolute und relative, wirkliche und scheinbare, eigene und gemeinschaftliche Bewegung oder Ruhe sey? Was drehende, fortschreitende, zitternde Bewegung?

Aus Vergleichung der Zeit mit dem Raume entsteht der Begriff von Geschwindigkeit. Nämlich ein Körper bewegt sich geschwinder, der zur nämlichen Zeit einen größern Weg macht, als ein anderer, oder in kürzerer Zeit den nämlichen Weg.

§. 18.

Die Bewegung heißt gleichartig, aequabilis, wenn zu gleichen Zeiten gleiche Räume gemacht werden; z. B. in einer jeden Minute 15 Schuhe. Die Bewegung ist ungleichartig, inaequabilis, wenn zu gleichen Zeiten die Räume ungleich sind. Die ungleichartige Bewegung ist entweder beschleunigt, motus acceleratus, oder vermindert, retardatus. Sie wird beschleunigt, wenn zu gleichen aufeinander folgenden Zeiten die Geschwindigkeit wächst, und hiemit größere Räume durchlaufen werden. Die Bewegung wird hingegen vermindert, wenn in gleichen Zeiten anfangs größere, hernach aber kleinere Räume durchlaufen werden; und hiemit die Geschwindigkeit immer abnimmt. Wächst die Geschwindigkeit so, wie die Zeit: so heißt die Bewegung gleichförmig beschleunigt, motus uniformiter acceleratus; nimmt aber die Geschwindigkeit ab, wie die Zeit zunimmt, so nennt man es eine gleichformig verminderte Bewegung, motus uniformiter retardatus.

Zusatz. 1. Demnach ist bey einer gleichförmig beschleunigten Bewegung C: c = T: t, oder die Geschwindigkeiten verhalten sich gegeneinander, wie die Zeiten. Denn weil der bewegte Körper zu einer jeden gleichen Zeit einen neuen und gleichen Grad

der Geschwindigkeit erhält: so ist die Summe aller dieser Grade gleich der Summe aller Zeitpunkte, innerhalb welchen sie erhalten werden.

Zusatz 2. Sowohl die beschleunigende Kraft in der gleichförmig beschleunigten Bewegung, als die vermindernde Kraft bey der gleichförmig verminderten Bewegung muß sich beständig selbst gleich seyn. Denn da insgemein eine jede Wirkung im zusammengesetzten Verhältnisse der Kraft ist, von welcher, und der Zeit, in welcher sie hervorgebracht wird, oder $E = VT$: wenn von zwoen gleichen Zeiten bey einer gleichförmig beschleunigten Bewegung die Rede ist, so ist, wegen $T = t$, auch $E : e = V : v$. Ferner aus dem Begriffe der beschleunigten Bewegung ist $E = e$; hiemit auch $V = v$, oder die beschleunigende Kraft ist sich beständig gleich.

§. 19.

B. Maß der Geschwindigkeit.

Lehrsatz. 1. Wenn zween Körper in gleichartiger Bewegung zu gleicher Zeit ungleiche Räume durchlaufen, so sind ihre Geschwindigkeiten im geraden Verhältnisse der Räume, oder wegen $T = t$ ist $C : c = S : s$.

Dieser Satz ist klar aus dem Begriffe der Geschwindigkeit. §. 17.

Lehrsatz. 2. Wenn die Räume gleich sind, die Zeiten aber ungleich, so sind die Geschwindigkeiten im verkehrten Verhältnisse der Zeiten, oder wegen $S = s$ ist $C : c = t : T$.

Dieser Satz ist ebenmäßig klar aus §. 17.

Lehr-

Lehrsatz 3. Wenn sowohl die Räume, als die Zeiten ungleich sind: so sind die Geschwindigkeiten im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Räume und umgekehrten der Zeiten.

Der Raum des Körpers A sey = S; die Zeit = T; die Geschwindigkeit = C.

Der Raum des Körpers B sey = s; die Zeit = t; die Geschwindigkeit = c.

Man nehme einen dritten Körper D dazu, welcher mit der Geschwindigkeit K, in der Zeit t, durchlaufe den Raum S.

1.) In Vergleichung der Geschwindigkeit des Körpers D mit der Geschwindigkeit des Körpers B, wegen t = t ist

$$K : c = S : s.$$

2.) In Vergleichung der Geschwindigkeit des Körpers A mit der Geschwindigkeit des Körpers D, wegen S = S ist

$$C : k = t : T.$$

Daher, wenn diese beiden Proportionen miteinander multiplizirt werden; so ist

$$KC : kc = C : c = St : sT.*$$

Anmerkung. Eine jede Bewegung, wie sie immer verändert wird, kann für gleichartig angesehen werden, in Rücksicht auf unendlich kleine nacheinander folgende Zeiträumchen.

* Aus dem Begriffe von Geschwindigkeit fließen folgende allgemeine Formeln: $C = \frac{S}{T}$; $S = CT$; $T = \frac{S}{C}$. s. Kästners höhere Mechanik.

Weil die Zeiträumchen als unendlich klein, hiemit als gleich angenommen werden: so ist auch der Unterschied zwischen den Räumchen, welche in diesen Zeiten durchlaufen werden, unendlich klein; folglich sind auch diese Räumchen einander gleich; und die Bewegung ist gleichartig. §. 18.

§. 20.

C. Die Trägheit der Körper.

Erfahrungen. 1.) Wenn ein Körper aus der Ruhe in Bewegung gesetzt wird, so wird eine gewisse Kraft dazu erfodert. Das nämliche beobachtet man, wenn 2.) der Körper aus der Bewegung in den Stand der Ruhe soll zurückgebracht werden; oder wenn er 3.) eine größere oder kleinere Geschwindigkeit; oder auch 4.) eine andere Richtung bekommen soll.

Lehrsatz. Also ein jeder Körper, wenn er in der Ruhe ist, bleibt darinn so lange, bis er durch eine Kraft aus diesem Stande vertrieben wird; und ferner, wenn er mit einer gewissen Richtung und Geschwindigkeit bewegt wird, so wird er mit eben derselben Geschwindigkeit und nach eben derselben Richtung sich zu bewegen fortfahren, wenn nicht durch eine Kraft die vorige Richtung oder Geschwindigkeit, oder beydes zugleich verändert wird.

Aus diesem erklärt sich der Sinn des Neutonischen Gesetzes von der Bewegung: alle Körper beharren in ihrem Stande der Ruhe, oder Bewegung gleichförmig nach gerader Richtung, wenn sie nicht

von

von mitgetheilten Kräften diesen Stand zu verändern gezwungen werden.*

Diese gemeine Eigenschaft der Körper wird Trägheit genannt, inertia; von einigen auch die Kraft der Trägheit, vis inertiae; gleich als wenn in den Körpern etwas wäre, welches sie in ihrem Stande der Ruhe oder Bewegung zu erhalten sich bestrebte. Dieser Ausdruck aber scheint unschicklich zu seyn, weil, eigentlich zu reden, das Wort Kraft nur das bedeutet, was in dem Körper eine Veränderung des Zustandes bewirket, den er sonst durch seine Trägheit behielte.**

* Newton *Phil. nat. princ. mathem.* L. 1. Def. 3. n. 7. 8. Leg. mot. n. 24. — Es giebt weder eine absolute Ruhe der Körper, weder scheinen sie dazu geneigt zu seyn.

** Die oben beschriebene Trägheit der Körper, welche allzeit ihrer Masse proportional ist, nennen einige Physiker die aktive Kraft der Trägheit, gleichsam als wenn der Körper jeder Veränderung seines Standes positiv widerstünde; aber das Unvermögen sich selbst zu bestimmen nennen sie die passive Kraft der Trägheit. Andere halten sie für einerley mit Undurchdringlichkeit, andere mit der Schwere; einige verstehen nichts anders darunter, als die sogenannte todte Kraft, vis mortua, bey ruhenden, und die lebendigen Kraft, vis viva, bey bewegten Körpern. Viele endlich erklären alle Phänomene, welche man der Trägheit als einer besonderen Kraft zugeschrieben hat, durch die allgemeine Eigenschaften der Körper, vorzüglich durch die Schwer = Zurückstoßungs- und Anziehungskraft, — Biwald, l. c. p. 2. ſ. 2. a. 8. — Boſchowich, *theor. vir.* §§. 8. 382. — Leibnit. *act. erud. Lipſ.* 1695. *m. apr.* — Kæſtner, de inertia corp. *diſſert.*

§. 21.

D. Gegenwirkung.

Eine jede Kraft, welche entweder einen ruhenden Körper in Bewegung setzt, oder einen bewegten Körper zur Ruhe bringt, oder in demselben eine größere oder kleinere Geschwindigkeit oder eine andere Richtung verursachet, wird zu dieser Wirkung dergestalten verwendet, daß es scheint, als wenn dasjenige, was die Kraft zur Hervorbringung der Wirkung verwendet, dieselbe verliere, oder gleichsam dieser Kraft von dem zur Bewegung oder Ruhe gebrachten Körper beraubt werde. Auf diese Art kann man sagen, der Körper wirke auf das zurücke, was denselben aus seiner Ruhe zur Bewegung, oder von der Bewegung zur Ruhe bringt.

Daß die Gegenwirkung, reactio, des Körpers A allzeit entgegengesetzt und gleich sey der Wirkung des Körpers B auf A, daran läßt sich nicht wohl zweifeln.*

§. 22.

differt. math. phyf. n. 10. — Euler, *memor.* de *l'acad. roy. des fc. de Berl.* 1750. — C. G. Kratzenftein, amolitio vis inertlæ et repulfivæ. 1770. — Eberhard, Gedanken von der Bewegung, und deren Mittheilung. — Gordon, *phyf. experim.* t. I. p. 42.

* Newton, *princ. math.* lex 3. motus. Wie aber dieses Naturgesetz zu verstehen sey, daß es andern Grundsätzen (s. unten §§. 39. 111. 113.) nicht zu widersprechen scheine, wird l. c. n. 32. erklärt. — Haufen C. A. *programmata de reactione.* Lipf. 1740. 41. — Keill, *introd. Lect.* 12.

§. 22.

E. Größe der Bewegung.

Erfahrung. 1.) Wir bemerken, daß wir eine größere Kraft anwenden müßen, wenn wir einen Körper von größerer Masse mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegen wollen, als bey einem Körper von geringerer Masse. 2.) Wenn zween Körper von gleicher Masse zu bewegen sind, und der eine A eine größere Geschwindigkeit bekommen soll, als der andere B, so erfahren wir, daß bey dem Körper A eine größere Kraft nöthig sey, als bey B.

In beyden Fällen wird der Körper mit solcher Kraft bewegt werden, oder die Bewegung wird so groß seyn, als die angewendete Kraft ist. Denn die Wirkung ist allzeit proportional ihrer Ursache.

Erklärung. Der Werth dieser Kraft, mit welcher ein Körper bewegt wird, oder bewegt zu werden beginnet, wird Größe der Bewegung, motus quantitas, genannt.*

* Die Bewegungskraft pflegt auch eingetheilt zu werden in die todte, vis mortua, und die lebendige, vis viva. Jene zeigt sich durch den Druck der Körper, und bringt in ihnen die Geschwindigkeit hervor, mit welcher sie sich zu bewegen anfiengen, wenn eine Bewegung erfolgte; celeritas initialis, elementaris, potentialis. Die andere ist die Ursache der wirklichen Geschwindigkeit, celeritas actualis, mit welcher ein Körper sich beweget. Bis auf Leibnitz wurde das Maß der Größe der Bewegung durch das Produkt aus der Masse mit der einfachen Geschwindigkeit bestimmt. Leibnitz gab dieses zwar zu bey todten Kräften; aber bey der wirklichen Bewegung be=

Lehrsatz 1. Wenn zween Körper A und B von gleicher Masse M und m mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden, so sind die Größen der Bewegungen in geraden Verhältnisse der Massen.

Die Bewegung des ganzen Körpers ist gleich der Summe der Bewegungen aller Theile der Masse; folglich wächst bey gleicher Geschwindigkeit die Bewegung der ganzen Masse, wie die Anzahl der Theile wächst, woraus die Masse besteht; oder die Größe der Bewegung ist proportional der Masse; Q : q = M : m.

Lehrsatz 2. Wenn die Massen gleich sind, die Geschwindigkeiten ungleich C und c, so sind die Größen der Bewegungen im geraden Verhältnisse der Geschwindigkeiten.

Denn wenn ein Körper, da er schon in Bewegung ist, eine größere Geschwindigkeit erhält, so wird auch seine Bewegung um so stärker seyn, so daß bey einer noch einmal so großen Geschwindigkeit auch die

behauptete er, daß das Moment der Kräfte nach der Masse mit dem Quadrat der Geschwindigkeit multiplizirt zu bestimmen wäre. Ihm folgten mehrere Holländer, Italiäner und Deutschen; hingegen standen für die alte Regel schier alle Franzosen und Engländer; und heute zu Tage ist sie beynahe allgemein angenommen. Die Entscheidung des ganzen Streites beruht darauf, ob auf die Zeit Rücksicht zu nehmen sey, welches Leibnitz für überflüßig, Newton für nöthig hält.

Newton, *princ.* def. 2. — Leibnit. *acta erud. Lipſ.* 1686. — Krafft, *prælect.* p. 1. c. 5. — Wolff, *elem. mech.* §. 327. — Hermann, *comment. petrop.* t. 1. p. 14. Merſenni cogitata phyſ. math. — De Mairan, *diſſert.* de æſtimatione et menſura vir. motric.

die Bewegung noch einmal so groß wird; im nämlichen Verhältnisse muß also auch der Werth der Kraft wachsen, mit welcher der Körper bewegt wird, oder Q : q = C : c.

Lehrsatz 3. Wenn sowohl die Massen als Geschwindigkeiten ungleich sind, nämlich die Masse des Körpers A = M, die Geschwindigkeit = C; die Masse des Körpers B = m, die Geschwindigkeit = c, so sind die Größen der Bewegungen Q und q im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem Geraden der Massen und Geschwindigkeiten.

Man denke sich in einem dritten Körper D, dessen Masse sey M, die Geschwindigkeit c, Größe der Bewegung K.

1.) In Vergleichung der Größe der Bewegung des Körpers A mit der Größe der Bewegung des Körpers D, ist wegen M = M

Q : K = C : c.

2.) In Vergleichung der Größe der Bewegung des Körpers D mit der Größe der Bewegung des Körpers B, ist wegen c = c

K : q = M : m.

Hiemit auch QK : Kq = Q : q = MC : mc.

Zusatz 1. Wenn die Massen sind im verkehrten Verhältnisse der Geschwindigkeiten, so sind die Größen der Bewegung unter sich gleich.

Denn wenn M : m = c : C, so ist Mc = mC und Q = q.

Zusatz 2. Wenn bey ungleichen Massen und Geschwindigkeiten die Größen der Bewegung gleich

sind: so sind die Massen im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeiten.

Die Schwere.

§. 23.

Erfahrungen. 1.) Ein jeder Körper, wenn er unterstützet wird, z. B. mit der Hand, druckt mit einer gewissen Kraft auf dieselbe. Wird er sich aber selbst überlassen, so fällt er hinab zur Erde. 2.) Wenn ein Körper an einem Faden hängt, dehnt er denselben aus nach einer Richtung, welche auf die Oberfläche der Erde auf den Horizont senkrecht geht; reißt der Faden, so fällt der Körper nach der nämlichen Richtung. Mehrere Körper an Fäden neben einander gehängt, dehnen dieselben so aus, daß ihre Richtungen einander parallel sind; und wenn die Fäden reißen, fallen die Körper nach den nämlichen parallelen Richtungen.*

Erklärung. Diese Eigenschaft der Körper, nach welcher sie, wenn sie unterstützt werden, hinabwärts drücken, oder sich selbst überlassen, senkrecht hinab fallen, wird die Schwere genannt, gravitas.

§. 24.

Lehrsatz. Alle Körper sind schwer. Dieses lehrt die tägliche Erfahrung; auch von den feinsten Körpern, z. B. Dünsten, Luft, Feuer. Blumen auf einer Wage mit einem andern Körper ins Gleichgewicht gelegt, verlieren nach einiger Zeit dasselbe

wegen

* Diese Richtungen sind nur scheinbar parallel.

wegen Verlust der Körpertheilchen, welche durch die Ausdünstung davongehen. Von der Schwere der Luft und des Feuers überzeugen uns die Versuche, welche man mit der Luft zu machen pflegt, wovon in der Aerometrie besonders gehandelt wird.

Zusatz. Es giebt demnach keine absolute Leichtigkeit der Körper; sondern die Schwere ist eine allgemeine Eigenschaft derselben.*

Anmerkung. Was gegen diesen Satz pflegt eingewendet zu werden, ist leicht zu heben, wenn man zwischen der absoluten und respektiven Schwere einen Unterschied macht. Denn wenn einige Körper in die Höhe steigen, z. B. Rauch, Dünste, Feuer; so kömmt dieses nicht von einer absoluten Leichtigkeit, sondern von einer verhältnißmäßig geringern Schwere gegen diejenigen Körper, von welchen sie umgeben sind; oder es ist sonst eine Ursache.

§. 25.

Erfahrung. Man muß eine größere Kraft anwenden, eine goldene Kugel zu halten, als eine hölzerne von gleichem Umfange. Das nämliche erfahren wir, wenn wir verschiedene andere Körper, die gleichen Raum einnehmen, unterstützen.

Lehrsatz. Daraus schließt man auf die verschiedene Kraft, mit welcher verschiedene Körper hin-

unter

* Borellus, de mot. natur. a gravitate. c. 4. — Clarkius *in not. ad Rohaulti phys.* p. 1. c. 16. §. 8. — Acad. Flor. del Cim. Tent. p. 2. pag. 69.

unter zu drücken, obschon sie von gleichem Umfange sind.*

Erklärung. Diese Größe der Kräfte, mit welcher ein jeder Körper seinen Druck äußert, heißt sein **Gewicht**, pondus.

§. 26.

Lehrsatz. Das Gewicht des Körpers ist mit seiner Masse im gleichen Verhältnisse.

Ein jedes Körpertheilchen hat seine eigene Druckkraft; hiemit verhält sich die ganze Kraft, wie die Summe der Kräfte aller Theilchen, woraus die Masse besteht. Je größer also die Summe der Theilchen, oder je größer die Masse ist, desto größer ist auch die Druckkraft oder das Gewicht des Körpers.

§. 27.

* Der Ausdruck, verschiedene Kraft, unterschiedliche Schwere, ist anders in dem philosophischen Sinne, als in der gemeinen Redensart zu nehmen. Daher sind nach Sigaud de la Fond, Experiment. Phys. §. 80. ꝛc. folgende Fragen wohl zu untersuchen: ob alle Körper einerley Schwere haben, oder ob ihr alle auf eine und dieselbe Art gehorchen? Ob diese Schwere in allen Gegenden der Erdkugel auf einerley Art wirke? Was sie auf die Körper wirke? In welchem Sinne die Schwere der Masse der Körper proportional sey? s. unten §§. 95. 96. 99. 108.

Newton, *princip.* L. 1. *de motu corp.* ſ. 11. 12. L. 3. prop. 42. — Galilæus, *Mechan. dial.* 1. — De Mairan, *Mem. de l' acad. roy. des ſc.* 1729. — De Maupertuis, *elem. de Geogr. art.* 15. — Gregor. *elementa aſtrom.* L. 1. prop. 48. — Krafft, *præl.* p. 1. c. 7. — Muſchenbroeck, *introd.* §. 319. 336. — Lucret. de *rerum natura.* l. 2. v. 238.

§. 27.

Erklärung. Die absolute Schwere ist das Gewicht eines Körpers unter einem jeden Raume, oder ohne Rücksicht auf die Größe des Umfanges genommen. Die respektive oder spezifische Schwere ist das Gewicht eines Körpers unter einem bestimmten Raume betrachtet; z. B. das Gewicht einer Masse unter einem Kubikschuhe.

Zusatz. 1. Die spezifische Schwere zweener Körper ist das Gewicht des einen in Vergleichung mit dem Gewichte des andern unter dem nämlichen Raume.

Zusatz 2. Daher ist Gold zum Beispiele schwerer, als Silber, weil es unter gleichem Raume ein größeres Gewicht hat; Zinn ist spezifisch leichter, als Bley, weil es unter gleichem Raume weniger Gewicht hat.

§. 28.

Lehrsatz. Die spezifischen Schweren zweener Körper unter gleichem Raume sind unter sich, wie ihre Dichtheiten. $G : g = D : d$.

Denn sie sind, wie die Gewichte; (§. 27.) das Gewicht aber ist mit der Masse im geraden Verhältnisse; und die Massen sind unter gleichen Räumen, wie die Dichtheiten der Körper.

§. 29.

Lehrsatz. Die absolute Schwere zweener Körper ist im zusammengesetzten Verhältnisse der Räume und der Dichtheiten.

Denn

Denn die Masse ist im zusammengesetzten Verhältnisse der Dichtheit und des Raumes; (§. 3.) das Gewicht des Körpers oder seine absolute Schwere ist, wie die Masse; daher, wenn die absoluten Schweren P und p, die Räume V und v heißen, ist $P : p = VD : vd$.

Zusatz. Da $G : g = D : d$; so ist auch $P : p = VG : vg$.

§. 30.

Lehrsatz: Die spezifischen Schweren zweener heterogener Körper von gleichem Gewichte sind im umgekehrten Verhältnisse der Räume.

Da $P : p = VG : vg$; so ist auch $Pvg = pVG$. Im gegebenen Falle aber ist $P = p$; daher auch $vg = VG$; hiemit $G : g = v : V$.

Zusatz 1. In diesem Falle ist auch $D : d = v : V$.

Zusatz 2. Da $M : m = P : p$; so ist auch $M : m = VG : vg = VD : vd$. und $Mvg = mVG$; ferner $Mvd = mVD$.

Hieraus folgen einige Formeln die Schwere, den Raum und die Masse zu finden, z. B.

$G : g = Mv : mV$.

$V : v = Mg : mG$.

$M : m = VG : vg = VD : vd$.

Anziehende und zurückstoßende Kräfte.

§. 31.

Bisher sind die ersten und allgemeinsten Eigenschaften der Körper untersucht worden. Wir wissen,

daß

daß alle Körper undurchdringlich seyn; daß die Theile der Körper mit einer gewissen Kraft unter sich zusammenhangen; daß Körper, wenn sie zusammengedrückt werden, ihre vorige Figur wieder annehmen, sobald die zusammendrückende Kraft aufhört ꝛc. Nun fragt sichs, was die Ursache dieser Phänome sey? z. B. was für eine Kraft den Zusammenhang der Theile bewirke? u. s. w. Was mir darüber gewiß zu seyn scheint, ist folgendes.

§. 32.

I. Die Körper können nicht ins Unendliche getheilt werden.

Ein jedes erschaffene Wesen, hiemit auch ein jeder Körper ist endlich, und besteht also aus einer gewissen und bestimmten Anzahl Theilchen; was aber nur aus endlichen Theilchen besteht, kann nicht in unendliche getheilt werden.

Anmerk. Daß ein jeder Körper der Ausdehnung nach endlich sey, wird wohl niemand läugnen; aber auch ein jeder Körper ist endlich nach einer gewissen und bestimmten Anzahl der Bestandtheile. Denn wenn er aus unendlich vielen Theilen bestünde, so wären keine Gränzen der Ausdehnung in einem der Ausdehnung nach endlichen Körper; indem der Körpertheil, welcher als der letzte angenommen würde, ins unendliche theilbar wäre.*

Zusatz. 1. In der Körpertheilung kömmt man endlich auf solche Wesen, die einfach und unausgedehnt sind, puncta simplicia.

Zu-

* Sieh oben §. 7. nebst Anmerkung.

Zusatz 2. Ein jeder Körper ist nichts anders, als ein aus einfachen und auf unterschiedliche Weise miteinander verbundenen Wesen zusammengesetzte Masse. *

II. Zween oder mehrere einfache Punkte eines Körpers können einander nicht berühren.

Weil die Punkte einfach oder ohne Theile sind (§. 32.) so, berührten sie einander im Ganzen, wenn sie sich berührten; hiemit flössen zween oder mehrere Punkte in einen zusammen, und auf solche Art gäbe es kein zusammengesetztes und ausgedehntes Wesen, welches der Erfahrung widerspricht.

Zusatz 1. In allen Körpern zwischen jeden Punkten der Materie giebt es kleine Zwischenräumchen, in welchen ein jeder Punkt von dem andern entfernt bleibt, so das keiner den andern wirklich berührt; d. i. in den kleinsten Entfernungen ist anzunehmen eine Kraft, welche die zurückstoßende Kraft, vis repulsiva, genannt wird.

An=

* Biwald, *phyſ. gen.* p. 2. ſ. 1. *de principiis corp.* Syſtema Carteſii, Atomiſtarum veterum, Gaſſendi, Newtoni, Leibnitii, Elementariſtarum, Boſchowichii.

Newton, L. *Optic. q.* 31. — Boſchowich, *theor. vir.* n. 132. — Justi, Preisschrift 1747. gegen das Leibnitzische System der Monaden.

Erklärung, wie aus einfachen Theilen oder aus den ersten einander gleichen Elementen verschiedene Massen, Maſſa primi, ſecundi. tertii etc. ordinis, und aus diesen mancherley homogene und heterogene Körper, woraus das Universum zusammengesetzt ist, blos durch die unterschiedliche Art der Zusammensetzung entstehen? Muſchenbroek, *phyſ. t.* 1. §. 98.

Anmerk. Die wahre Ursache dieser Wirkung, nämlich der Zurückstoßung, ist uns verborgen. Denn wer wird bestimmen, ob die Zurückstoßungskraft in den Elementen der Materie selbst liege? Oder ob die Elemente, woraus der Körper besteht, Kraft eines Gesetzes des so wollenden Schöpfers von der wirklichen Berührung abgehalten werden.*

Zusatz. 2. Es giebt also keine unmittelbare oder mathematische Berührung, weder der Theile eines Körpers unter sich, noch der Körper gegeneinander; sondern

* Aus einer offenbaren Wirkung schließt man allzeit sicher auf das Daseyn einer Ursache; man kann auch oft dieselbe bestimmt benennen, obschon man den Grund davon und die Art, wie sie wirke, nicht deutlich einsieht. Beyspiele hievon haben wir an dem Magnete und der Elektrizität. — Die Worte, Kraft eines Gesetzes des so wollenden Schöpfers, sind nicht im kartesianischen Sinne zu nehmen; sondern besser, wie sie Kardinal Ptolomäi de principiis corporum erklärt, daß Gott bey der Schöpfung die ganze Körperwelt gesegnet habe, benedictione accommoda, wodurch er jedem Wesen seine eigenthümliche Kraft und Art zu wirken mitgetheilt hat. Hat dieses der Schöpfer nicht wollen, und zum Gesetze der Natur machen können? Diese Mittheilung und Erhaltung der Kraft ist nicht mehr und nicht weniger begreiflich, als die Schöpfung selbst.

Leibnit. *act. Lips.* 1698. Entelechia, immerwährende Bewegungskraft. — Ein anders ist immerwährende Bewegungskraft, ein anders immer eine und die nämliche Größe der Bewegung. vid. Rohault, *phys.* p. 1, c. 10. *cum annot. ex Newt. Opt.* p. 341.

sondern alle Berührung ist nur scheinbar oder physisch. Zwar nach dem Zeugnisse unserer Sinne scheinen viele Theile des Körpers und Körper selbst so nahe beysammen zu seyn, daß kein leerer Raum zwischen denselben beobachtet wird; aber mittels der Sinne können wir von dem steten Zusammenhange der Körpertheile nicht genau und richtig urtheilen, da die kleinsten Zwischenräumchen nicht in die Sinne fallen. Wir sind vielmehr aus andern Gründen versichert, daß ein solcher Zusammenhang, den uns unsere Sinne an vielen Körpern z. B. an glatt geschliffenen Metallen, Marmorsteinen u. s. w. darstellen, keineswegs statt habe. Wenn wir nicht wollen betrogen werden, dürfen wir den ersten Ideen, welche wir aus den Empfindungen geschöpft haben, nicht schlechterdings nachhangen; sondern wir müssen die Schlüsse, welche wir aus denselben von Kindheit an gezogen haben, fleißig untersuchen. Wenn wir finden, das die nämlichen Empfindungen gleichermaßen auf zweyerley Art konnten verursacht werden: so wird derjenige gegen die Regeln der Logik fehlen, welcher die Art A vor der Art B blos deswegen erwählt, weil er die Art B zuvor nicht gesehen, oder nie daran gedacht hatte; und deswegen nur der Art A gewöhnt war. Dieses geschieht aber in gegenwärtigem Falle. Man pflegt die nämlichen Empfindungen zu haben, obgleich die Materie aus unausgedehnten und durch unmerkliche Zwischenräumchen voneinander abstehenden Punkten besteht, und die in den kleinsten Entfernungen sich äußernden Zurückstoßungskräfte auf unsere Organen wirken; oder ob die Materie voll-

kommen

kommen zusammenhängt, und durch eine unmittelbare Berührung wirket. *

§. 34.

III. Weil aus diesen einfachen Punkten endlich ein ausgedehntes Wesen und ein in die Sinne fallender Theil der Materie entsteht: so setzt der Zusammenhang eines jeden solchen Theils einen Zusammenhang der Punkte voraus. Dieser Zusammenhang kann aber keiner äußern Materie, z. B. dem auf die Punkte druckenden Aether, zugeschrieben werden. Denn auch diese Materie wäre aus zusammenhangenden Elementen zusammengesetzt; und es wäre wieder die nämliche Frage, was dann diesen Zusammenhang bewirkte. Daher ist zu schließen, daß die Punkte der Materie mit einer eigenen Kraft begabt seyn, durch welche sie in gewissen Entfernungen verhindert werden, voneinander abzuweichen; oder, was eben soviel sagen will, man muß eine Kraft annehmen, welche die Anziehungskraft, vis attractiva, pflegt genannt zu werden. **

* Obschon metaphysische Subtilitäten uns in der Physik nur gar zu oft auf blose Hypothesen leiten; hingegen richtige Erfahrungssätze der sicherste Weg sind, zu physischen Wahrheiten zu gelangen: so folgt doch nicht, daß alles metaphysische Räsonnement aus der Physik zu verbannen sey. — Boſchowich, *theor. vir.* §. 158. — Metaphysische Anfangsgr. der Naturwiss. von J. Kant.

** Uiber die Ursache des Zusammenhangs der Körper sind die Meinungen der Physiker von jeher sehr getrennt gewesen. Vid. Biwald, *phys. gen. p.* 2. *f.* 2. a. 3. Sententia Cartesii, Joann. Bernoullii, Leibnitii, Epicuri, Gassendi, Purchotii, Nolleti, Bertieri, Newtoni. etc. J. H.

Anmerk. Hier ist wieder wohl zu bemerken, daß uns die wahre Ursache dieser Wirkung, Anziehung, attractio, verborgen sey; ob nämlich die Anziehungskraft in den Elementen der Materie selbst liege, oder ob die Elemente durch ein Gesetz des so wollenden Schöpfers in gewissen Entfernungen angehalten werden, sich nicht allein nicht weiter voneinander zu entfernen, sondern auch gewisser massen sich gegeneinander zuzudrängen? An dieser Stelle will ich vordersamst erinnert haben, daß ich bey Gebrauchung des Worts, Anziehung, nichts anders sagen will, als ein Phänomen, eine Thatsache oder Wirkung, wodurch die Elemente der Materie oder auch zween und mehrere Körper ohne unmittelbare Berührung eine Neigung gegeneinander äußern, und zuweilen bewegt werden, wie folgende Phänomene zu erweisen scheinen.*

§. 35.

J. H. Winkler, Differt. de caufis conjunctionis corp. nat. Lipf. 1736. — Jac. Bernoulli, Diff. de gravitate ætheris. *op. T.* 1. *p.* 45. — Krafft, Diff. de corp. nat. cohærentia. Tubingae, 1752. — Mufschenbroek, *introd. ad cohærentiam corp. firm.* Differt. phyf. — P. Gaffendi, *phyf. L.* 6. c. 7. — G. E. Hamberger, Diff. de cohaefione et attract. corp. Jenae, 1732. — Fort. de Felice, Difp. de newtoniana attractione, unica cohaerentiae nat. caufa, adverfus cl. Hambergerum, Bern. 1757. — Des Cartes, *Princ. p.* 2. *n.* 54. — Bofchowich, *theor.* §. 407. Kant, metaph. Naturw. 2. Hauptst.

* S. Lichtenbergs Anmerkung §. 113. b. in Erxlebens Naturl. — In der Volkssprache lautet das Wort, Anziehung, gewöhnlich ganz anders, als in dem philosophischen Sinne, in welchem ein solche Ziehung eigentlich

§. 35.

1) Zween ebene und wohl geschliffene Spiegel hangen zusammen, obschon einige dünne Seidenfädchen dazwischen liegen, welche die wechselseitige Be-

sich nichts anders ist, als ein Stoß, motus percussionis, impetus, in dem die ziehende Kraft nur scheinbar dem bewegten Körper voraus geht, in der That aber demselben nachfolget. Man muß diesen Begriff mit jenem, wovon oben §. 34. die Rede ist, nicht verwechseln. Vis attractiva, attractio, sind willkürlich angenommene, aber doch wohl gewählte und viel bedeutende Wörter. Wem dieselben nicht gefallen, dem steht es frey, nach gewissen Umständen oder Eräugnissen dafür zu wählen nisus corporum accedendi ad se invicem, accessus mutuus, adhærentia; oder mit Mariotte de *veg. plant.* p. 123. 130. motus unionis; oder mit Jurin *comm. acad. petrop.* t. 3. p. 282. cogruitas, affinitas, cohæsio, propensio etc. Man mag nun die Attraktion blos mathematisch betrachten, als ein Phänomen, attractio emphatica, wovon man nur die Größe, aber nicht die Ursache untersucht; oder man mag sie physisch, als eine wirkende Kraft ansehen, attractio hypostatica: so ist eben so wenig widersinniges dabey, als bey sehr vielen andern Naturbegebenheiten, die man wohl zu erklären pflegt, ohne daß man ihre Ursachen klar und deutlich zu bestimmen weiß. Cfr Krafft, *præl. p.* 1. *c.* 10.

Daß aber der Mechanismus der Natur nicht blos auf den Stoß, impulsio, impetus, einzuschränken sey, zeigt Boschowich sehr schön *theor. vir.* §. 229. wo er schreibt. „Der Namen wegen wäre ich nicht bekümmert; aber des Vorurtheils halben, welches aus der gemeinen Redensart entspringt, muß ich anmerken, daß die Mechanik von denjenigen, welche davon geschrieben haben,

rührung der Spiegel verhindern. Das nämliche geschieht, wenn ebene einen oder zween Zoll dicke Metallflächen aufeinander gelegt werden.

2.)

niemal auf den unmittelbaren Stoß allein eingeschränkt worden sey, sondern auch und besonders auf die Betrachtung freyer Bewegungen, welche geschehen unabhängig von einer Stoßkraft. Was Archimedes vom Gleichgewichte, Galiläus vom freyen Falle schwerer Körper, Hugenius von den Zentralkräften und dem Mittelpunkte der Schwingung, Newton überhaupt von der Bewegung in Bogenlinien gelehrt haben, gehört gewiß in die Mechanik; auch die Wolfische und Eulerische Mechanik untersucht vergleichen Kräfte und die davon abhangenden Bewegungen, wobey die Stoßkraft entweder gänzlich ausgeschlossen, oder derselben wenigstens nicht gedacht wird. Wo immer die Kräfte wirken, welche die Bewegung der Materie verursachen, oder verändern; und wo immer die Gesetze untersucht werden, nach welchen die Geschwindigkeit entsteht, und eine Bewegung verändert oder bestimmt wird: dieses alles gehört vorzüglich zur Mechanik, in einer eigentlichen Bedeutung genommen. Daher mißbrauchen diejenigen am meisten die eigentliche Bedeutung der Wörter, welche behaupten, daß nur allein der Stoß zu dem Mechanismus gehöre, zu welchem noch vielmehr diejenigen Gattungen der Kräfte gehören, welche deswegen mechanisch genannt zu werden verdienen, weil man mit Recht sagen kann, daß alles, was durch sie geschieht, durch einen Mechanismus geschehe, welcher nicht unbekannt und verborgen ist, sondern sehr klar und offenbar sich zeigt.

2) Nach dem Zeugnisse berühmter gelehrter Männer * weichen die Pendel an den Seiten großer Berge von der senkrechten Linie ab, und neigen sich etwas gegen dieselbe zu.

3) Man hänge an dünne lange Haare etwa einen Schuh lange und eine halbe Linie breite Blättchen von Papier, Pergament, Leder, Holz, Eisen ꝛc. unter hohen gläsernen Glocken auf, damit sie von der Luft nicht können bewegt werden. Wenn man in unterschiedlichen Entfernungen die Hand oder andere Körper gegen die Glocken nähert, so bewegen sich die Blättchen gegen die Wände des Glases, wie mit einem Mikrometer leicht zu beobachten ist. **

Es sind noch viele andere Phänomene, wovon in andern Theilen der Physik *** gehandelt wird, woraus die Existenz der Anziehungskräfte auch in größern Entfernungen erweislich ist.

§. 36.

Dieses vorausgesetzt, lassen sich die in dem vorhergehenden Artikel angeführten Erscheinungen auf folgende Weise erklären.

* Bouger, la Condamine, de la Caille, Boschowich, Beccaria.

** Musschenbroek, *phys.* §. 1008. etc.

*** Besonders in der physischen Astronomie von der Ursache der Bewegung der Planeten und anderer Himmelskörper. Vid. Cotesius in *præfat. ad 2dam Newtoni editionem.* Ferner bey der Lehre vom Aufsteigen der Flüßigkeiten in den Harröhrchen, von der Auflösung und Zusammensetzung der Körper ꝛc.

1) Da in den kleinsten Entfernungen die Zurückstoßungskraft statt hat, wodurch die unmittelbare Berührung der physischen Punkte verhindert wird: so folgt daraus, daß niemal zween Punkte einen und den nämlichen Platz einnehmen können, oder durchdringlich seyn.

2) Weil zween Punkte der Materie immer etwas voneinander entfernt sind, so erhellt a) daß in einem jeden Körper ganz leere Zwischenräume seyn; vacuum disseminatum; und b) daß es in der Natur keinen absolute dichten Körper gebe; endlich c) daß ein jeder Körper allzeit mehr leere Zwischenräume, als solide Theile habe, weil die Zwischenräume theilbar sind, und größer oder kleiner seyn können.*

3) Aus den anziehenden und zurückstoßenden Kräften ersieht man auch, warum elastische Körper, wenn die zusammendrückende oder spannende Kraft nachläßt, ihre vorige Figur wieder annehmen. Denn daß ein Körper beym zusammendrücken oder spannen seine Figur verändert, kömmt daher, weil entweder alle Theile näher zusammengehen, oder einige zusammengehen, einige voneinander weichen. Die Zurückstoßungskraft aber verursacht, daß die Theile, welche bey dem Zusammendrücken aus ihrer natürlichen Lage in engere Schranken sind gesetzt worden, wieder in ihre vorige Lage zurückkommen; und die Anziehungskraft macht, daß einige Theile, welche beym Aus-

dehnen

* Newton, *princ. L. 2. prop.* 38. — *Commerc. phil.* Leibn. et Bern. T. 1. pag. 62. 429. — Des Cartes *princ. p.* 2. — Franc. Baylé, *inst. phys.* p. 75.

dehnen weiter voneinander gegangen sind, wieder enger zusammen gehen.*

§. 37.

Es sind noch verschiedene andere Eigenschaften der Körper zu erklären, z. B. daß einige Körper hart andere weich, diese besonders elastisch, jene gebrechlich, blättricht, zähe, andere flüßig, andere fest ꝛc. seyn;** und endlich alle ihre Schwere haben.*** Die Ursache aller dieser Erscheinungen hängt zwar von der verschiedenen Anziehung und Zurückstoßung der Materie ab; aber die Gesetze, nach welchen alles in der Natur geschieht, zu bestimmen ist schwer. Boscowich**** stellt folgendes Naturgesetz auf.

" In den kleinsten Entfernungen sind die Kräfte zurückstoßend, und zwar desto größer ins unendliche, je

* S. oben §§. 11. 12. mit Anmerk.

** Clarkius in *notis ad Rohaulti phys.* p. 1. c. 22. §. 9.

*** S. oben §§. 24. 25. — Von andern Meinungen z. B. de materia subtili aut rectilinee premente, aut oscillante, aut vorticosa; systema Kepleri et Gassendi de spiritibus et effluviis etc. *vid.* Biwald *p.* 2. *f.* 2. *art.* 13. — Krafft, *præl. p.* 1. *c.* 7. §. 167. *seq.* — Hugenius, diss. de causa gravitatis. *op. rel. t.* 1. *p.* 93. — G. E. Hamberger, diss. de experimento ab Hugenio pro causa gravitatis explicanda invento, Jenæ 1723. — Bülffinger, dissert. experim. de directione corporum gravium in vortice sphærico. *comm. petropol. t.* 1. — Ej. disquisitio experim. de caussa gravitatis. Paris. 1728. *recueil des pièces de prix. t.* 2. — Nollet, Vorles. 2. Th.

Dagegen s. Biwald, Krafft. — Newton, L. 2. *de motu corp. prop.* 53. — Gregor. *elem. astron. prop.* 76. — Clarke, *annot. ad Rohaulti phys. p.* 311. — Kant, metaph. Naturw. 2. Hauptst. nebst allgem. Anmerk. zur Dynamik.

**** *Theor. vir.* §. 10. *Curva virium.*

se mehr die Entfernungen ins unendliche verringert werden, so daß sie im Stande sind jede auch noch so große Geschwindigkeit zu vernichten, mit welcher ein Punkt an den andern sich nähert, ehe ihre Entfernung verschwinde. Werden aber die Entfernungen vergrößert, so vermindern sich die Kräfte dermaßen, daß in einer sehr geringen Entfernung alle Kraft aufhört. Wenn sich alsdenn die Entfernung noch mehr vergrößert, so verändern sie sich in anziehende Kräfte, welche anfänglich zwar wachsen, hernach aber abnehmen, verschwinden, in zurückstoßende übergehen, die aber auch auf die nämliche Art wachsen, abnehmen, verschwinden, und wieder in anziehende Kräfte übergehen; und so wechselweise in sehr vielen, doch allzeit noch sehr geringen Entfernungen, bis sie, wo es zu größern Entfernungen gekommen ist, anfangen beständig anziehend zu seyn, und zwar den Sinnen nach im verkehrten Verhältnisse der Quadraten der Distanzen, wenn auch diese ins unendliche vermehrt werden, oder weit über die entferntesten Planeten und Kometen hinaus.,,

Durch dieses angenommene Gesetz sucht er alle Eigenschaften der Körper zu erklären.

Andere nehmen an den Leibnitzischen Grundsatz, principium indiscernibilium, vermöge dessen nicht einmal zween Elemente der Materie vollkommen gleich seyn können; und lehren, daß in einem jeden Elemente eines Körpers besondere und von andern unterschiedene Anziehungs- und Zurückstoßungskräfte liegen, woher die verschiedenen Eigenschaften der Körper entstehen.

Endlich

Endlich kann man auch sagen, daß die verschiedenen Eigenschaften der Körper von beyden zugleich herkommen, nämlich so wohl von der Verschiedenheit der Kräfte in den Elementen selbst, als auch von der unterschiedlichen Lage und Abwechselung der Elemente in den Gränzen der Anziehung.* Ich will aber lieber

* Scarella, *phys. gen.* L. 2. §. 504. behauptet, daß die Körper aus Substanzen bestehen, deren einige eine anziehende, andere eine zurückstoßende Kraft besitzen; und macht also zwischen beyden Kräften einen wesentlichen Unterschied. Andere nehmen in den Körpern nur eine einzige Kraft an, nämlich die Bewegungskraft, welche sich nach Verschiedenheit der Umstände z. B. der Anzahl, der Lage, der Entfernung der Körpertheilchen gegen einander bald durch die Anziehung, bald durch die Zurückstoßung mehr oder weniger äußere. Einige nennen die Repulsion eine negative Attraktion. Andere kennen nur zwo Naturkräfte, die allgemeine Anziehungskraft, und die besondere Wahlanziehung, von denen die modifizirten Erscheinungen der Natur bewirkt werden. Wenn die Existenz der vierten Klasse der Monaden bewiesen wäre, so wie sie Leibnitz beschreibet, da er ihnen eine dunkle Vorstellungskraft, repræsentatio obscura, perceptio; und hiemit auch eine Neigung oder Abneigung, appetitus, beylegt: so ließe sich das körperliche Wirkungssystem bey vielen Phänomenen ziemlich deutlich erklären. Doch bey allem diesem käme es endlich wieder auf die Frage zurücke: woher und wie entsteht diese Vorstellung, Empfindung, Neigung oder Abneigung u. d. g.? Die Natur bleibt uns noch immer in ihrem innern Wesen und in den davon abhangenden Kräften ein Geheimniß. Neue Wörter sagen oft nicht mehr, als der alte Archäus; und die qualitates occultae sind noch, wie ehehin im Gange, wenn man mit dem Namen, attractio, mehr er-

lieber frey gestehen, daß ich die wahre Gesetze der Anziehung und Zurückstoßung nicht wisse, als einer Meinung unterschreiben, die doch nicht hinlänglich bewiesen ist.

Daß die Schwere der Körper durch die Anziehung, welche die Erde auch in größern Entfernungen auf die Körper äußert, sich am besten erklären lasse, wird alsdenn umständlicher gezeigt werden, nachdem vorausgeschickt seyn wird, was vorläufig zu wissen nothwendig ist.

Statik.*

I. Artikel.

Theorie des Gleichgewichtes und des Hebels.

§. 38.

Erklärung. Wenn zwo oder mehrere Kräfte sich einander dermaßen entgegen gesetzt sind, daß keine Be-

erklären will, als oben §. 34. angemerkt ist. Uiber diese Materie verdienen gelesen zu werden, Newton, *philos. nat. princ. mathem. it. optic.* — Clarke, *annot. ad Rohaulti phys.* pag. 51. — Van Swinden; diss. de attractione. Lugd. B. 1766. — Krafft, *præl.* 1. p. 10. c. — Hollmann, attractionis historia cum epicrisi. *comm. soc. reg. scient. Goett. T.* 4. — G. E. Hamberger, Vorrede zur 3. Ausgabe seiner Naturlehre. — Kant, metaph. Anfangsgr. der Naturwissenschaft.

* Statik im allgemeinen heißt die Lehre von dem Gleichgewichte der Körper. Hier, wo von festen Körpern die Rede ist, hieße sie bestimmter Geostatik, um sie von der Hydrostatik und Aerostatik zu unterscheiden

Bewegung erfolgen kann, so hat man den Stand des Gleichgewichtes, ſtatus aequilibrii.

§. 39.

I. Grundsatz. Zwo aufeinander wirkende Kräfte sind im Gleichgewicht, wenn sie gleich und einander entgegengesetzt sind.

II. Grunds. Zwo Kräfte sind gleich und einander entgegengesetzt, wenn sie aufeinander wirkend im Gleichgewichte sind.

III. Grunds. Wenn zwo entgegengesetzte Kräfte nicht gleich sind, so ist kein Gleichgewicht; sondern die Bewegung folgt nach der Richtung, nach welcher die größere Kraft wirket.

§. 40.

Erklärung. Ein Hebel, vectis, mathematisch betrachtet, ist eine gerade unbiegsame Linie ohne Schwere; aber physisch oder körperlich genommen, eine lange steife gerade Stange, die ihre Schwere hat.*

An

den, welche von dem Gleichgewichte der flüßigen Körper handeln. Das Wesentliche, was folgende drey Artikel enthalten, ist aus Kästners angewandten Mathematik, Anfangsgr. 2. Th. 1. Abth. gezogen. Ebendaselbst Mechan. 50. ist nachzuholen, was von dem physischen Hebel zu wissen ist. Weil bey dem Gleichgewichte entgegengesetzte Kräfte keine wirkliche Bewegung verursachen können: so sind diese nur todte Kräfte. (§. 20. Anmerk.) Wie aber alle Kräfte mit Gewichten können verglichen werden, lehrt Pardies *de vir. moventibus* §§. 2. 3.

* Nicht ein jeder Hebel ist geradlinigt; obschon sich alle krumlinigte auf denselben beziehen. S. §§. 48. 49.

An einem jeden Hebel sind drey Punkte zu bemerken: einer, der Ruhe- oder Bewegungspunkt, an welchem die Unterlage, fulcrum, hypomochlion, angebracht ist, auf der sich der Hebel entweder bewegt, oder ruhet.* An den beyden andern Punkten befinden sich die Kräfte, welche in entgegengesetzten Richtungen auf den Hebel wirken. Diese Kräfte pflegen verstanden zu werden unter dem Namen Last und Kraft, onus & potentia; und dazu gehören Gewichte, Feuer, Wasser, Luft, Thiere, und überhaupt alles, was ein Vermögen zu wirken hat. Der Hebel ist zweyerley: wenn der Ruhe- oder Bewegungspunkt zwischen der Last und Kraft liegt, so heißt es ein Hebel der ersten Art; ist aber die Last zwischen dem Ruhepunkte und der Kraft, so nennt man es einen Hebel der zweyten Art.**

§. 41.

Erfahrung. Ob die Kräfte P und O an den Hebel ACB unmittelbar in den Punkten A und B angebracht sind, (Fig. 3.) oder ob sie an Fäden z. B. AP und BO sich befinden, so machen sie auf den Hebel die nämliche Wirkung.

In-

* In verschiedenen Fällen hat der Hebel keine Unterlage, sondern eine Uiberlage oder einen Zapfen, um welchen er sich bewegt.

** Es giebt noch eine dritte Art von Hebel, wo sich nämlich die Kraft zwischen der Last und dem Ruhepunkte befindet.

Zusatz. Es ist demnach eine und die nämliche Wirkung der Kräfte in einem jeden Punkte ihrer Direktionslinie. *

§. 42.

Lehrsatz. Wenn an den äußersten Punkten einer unbiegsamen Linie gleiche Gewichte hangen, und gleichweit von dem unbeweglichen Punkte C entfernt sind, (Fig. 3.) so werden diese Gewichte im Gleichgewichte seyn, und die Linie bleibt unbeweglich. Grunds. §. 39.

Zusatz. 1. Da außer der Stütze C nichts ist, was verhindere, daß P und O nicht hinunter fallen: so trägt C die beyden Gewichte = 2 P; weil P = O.

Zusatz 2. Wenn statt der Unterlage in C oben an einer um einen fixen Punkt beweglichen Rolle ein Gewicht hängt = 2 P, welches den Hebel in entgegengesetzter Richtung aufwärts zieht, so bleibt Gleichgewicht.

§. 43.

Lehrsatz. Wenn an dem Hebel der zweyten Art AC = CB ist, und die Kraft Q = 2 P den Hebel in C aufwärts zieht; P aber in B denselben hinabdrückt: (Fig. 4.) so ist zwischen P und Q gleichgewicht.

Denn wenn statt der Stütze in A angehängt wäre O = P, so wäre Gleichgewicht. §. 42. Zus. 2. Dieses O aber leistete nichts anders, als daß es verhinderte, daß

* Die Direktionslinie wird allzeit durch eine gerade Linie vorgestellt, deren Lage die Gegend anzeigt, nach welcher eine Kraft bewegt, oder zu bewegen sich bemühet.

daß B nicht hinabgienge, oder A nicht hinauf; aber das nämliche thut die Stütze in A; denn wenn über dem Punkte A ein Nagel wäre, so widerstünde derselbe so stark, als B auf ihn wirkte. Er wird so stark in die Höhe getrieben, als er von O, wenn es an A hienge, hinunter gezogen würde; weil A nicht gehoben wird, wenn statt der Stütze oder des Nagels die Kraft O in A wäre. Es ist also das nämliche, ob die Kräfte O, P und Q (Fig. 3.) an dem Hebel sind; oder ob statt O der gegebene Widerstand sich einfindet. Deswegen kann der Hebel um A nicht bewegt werden, und die Kraft, welche Q in C anwendet den Hebel zu heben, ist gleich der Kraft, welche P in B anwendet, denselben hinunter zu drucken.

Zusatz 1. Wenn das Gewicht Q noch einmal so groß ist, als die Kraft P, und die Entfernung der Kraft von dem Ruhepunkte noch einmal so groß ist, als jene der Last; oder wenn $2P : P = 2AC : AC = 2 : 1$, so ist Gleichgewicht.

Zusatz 2. So ist auch Gleichgewicht zwischen Q, welches hinauf, und zwischen P, welches hinunterzieht.

§. 44.

Lehrsatz. Wenn zwischen + F und P im Hebel der zweyten Art ACB Gleichgewicht ist, und $AD = AC = \frac{AB}{2}$ gemacht; an D aber $Q = + F$ gehängt wird: (Fig. 5.) so wird auch Gleichgewicht seyn zwischen Q und P im Hebel der ersten Art DAB.

1) In dem Hebel der zweyten Art ABC ist Gleichgewicht zwischen +F und P (§. 42.) und 2) ist auch Gleichgewicht zwischen Q und —F, wenn an C ange-

bracht

bracht wird die Kraft—F, welche den Hebel hinunterzieht, und der Kraft Q gleich ist. Daher wird auch der Hebel der ersten Art DAB ruhen. Weil 3) + F im Gleichgewichte ist mit—F, welches in gleicher und entgegengesetzter Kraft wirket: so können diese beyde Kräfte hinweggenommen werden, und der Hebel DAB ruhet; und bleibt Gleichgewicht zwischen P und Q.

Zus. 1. Wenn im Hebel der ersten Art AB = 2AD, und Q = 2P ist, so ist Gleichgewicht; und so wird bey einem jeden Hebel Gleichgewicht seyn, wenn die Last noch einmal so groß ist, als die Kraft; hingegen die Kraft noch einmal so weit vom Ruhepunkte entfernt ist, als die Last.

Zus. 2. Die Unterlage in A trägt P + Q = 3P.

Zus. 3. Wenn demnach statt der Unterlage in A oben an einer Rolle hängt ein Gewicht S = 3P: wird Gleichgewicht bleiben zwischen P, Q und S.

§. 45.

Lehrs. Wenn das Gewicht Q = 3P, und die Entfernung der Kraft P vom Ruhepunkte dreymal so groß ist, als die Entfernung der Last Q; (Fig. 6.) so ist Gleichgewicht am Hebel der zweyten Art DAB und am Hebel der ersten Art EDB zwischen P und Q.

1) Beym Hebel der ersten Art DAB (Fig. 5.) ist Gleichgewicht zwischen P, Q = 2P, und S = 3P. (§. 44. Zus. 3.) Wenn nun dort Q von D hinweggenommen, und statt dessen die Stütze (Fig. 6.) angebracht wird, soviel haltend, als Q hinunter drückt; so bleibt Gleichgewicht; hiemit ist auch an dem He-

bel der zweyten Art DAB Gleichgewicht zwischen P und Q, wenn $Q = 3P$, und $BD = 3AD$.

2) Ferner, man nehme einen Hebel EDB der ersten Art, und $ED = AD$, und an E hänge man $Q = 3P$; so ist auch Gleichgewicht zwischen Q und P bey dem Hebel der ersten Art EDB. (§. 44.)

Zusatz. 1. Die Stütze in D trägt jetzt $P + Q = 4P$.

Zusatz. 2. Wenn statt der Stütze in D oben an einer Rolle angehängt wird ein Gewicht $= 4P$, so bleibt Gleichgewicht, u. s. w.

§. 46.

Lehrsatz. Wenn n eine gewisse ganze Zahl bedeutet, und an dem Hebel der zweyten Art DAB ist $S = \overline{n+1} \times P$, und $DB = \overline{n+1} \times AD$, so ist Gleichgewicht zwischen S und P. (Fig. 7.)

Denn an dem Hebel der ersten Art (Fig. 6.) trägt die Unterlage $Q + P = nP + P = \overline{n+1} \times P$. Wenn nun da statt der Unterlage angebracht wird $S = \overline{n+1} \times P$, so bleibt Gleichgewicht. (§. 42. Zusatz 2.) Ferner wenn aus dem Hebel der ersten Art gemacht wird ein Hebel der zweyten Art, (Fig. 6.) so daß Q von E hinweggenommen, und an dessen Stelle eine Stütze gesetzt wird, welche so viel trage, als Q hinunterzieht; so bleibt Gleichgewicht. (§. 43.) folglich ist auch hier an dem Hebel DAB (Fig. 7.) Gleichgewicht zwischen S und P.

Zusatz. 1. Wenn $ED = AD$, und an E hängt $S = \overline{n+1} \times P$; (Fig. 8.) so ist S mit P im Gleichgewichte.

wichte. (§. 45.) hiemit erhält man im allgemeinen Gleichgewicht an beyden Hebeln, wenn $S : P = \overline{n + 1} \times AD : AD$.

Zusatz. 2. Es ist allzeit Gleichgewicht an dem Hebel der ersten und zweyten Art zwischen S und P, wenn $S = nP$, und die Entfernung P von dem Ruhepunkte $= DB$ ist; die Entfernung S aber $= \frac{1}{n} DB$. Denn wenn $n = 2$, so ist der Satz klar aus §§. 43 und 44; und so für $2 + 1 = 3$ aus den §. 45.; folglich auch, wenn $n = 3$, für $3 + 1 = 4$; und so weiter für eine jede ganze Zahl.

Zusatz. 3. Da sich ein jedes Rational-Verhältniß in ein Verhältniß von zwoen ganzen Zahlen verändern läßt, z. B. $\frac{7}{3} : \frac{5}{4} = 28 : 15$; und auch ein jedes Irrational-Verhältniß durch die Approximation zu einem rationalen, welches dem andern unendlich nahe beykömmt, werden kann: so folgt insgemein, daß bey einem jeden Hebel Gleichgewicht sey zwischen der Last und Kraft, wenn sich diese gegeneinander verkehrt verhalten, wie ihre Entfernungen von dem Ruhepunkte.*

§. 47.

Lehrsatz. Wenn an einem Hebel zwo gegeneinander wirkende Kräfte nicht sind im umgekehrten Verhältnisse ihrer Entfernungen vom Ruhepunkte, so ist kein Gleichgewicht unter ihnen.

Denn wenn eine Kraft ein größeres Verhältniß hat; so ist dieses entweder in Ansehung des absoluten Gewichtes, oder der Entfernung. Im ersten Falle

* Kästner, Mechanik 31 . . 35.

ist bey gleicher Entfernung die Kraft des Gewichtes, wie das Gewicht selbst; hiemit ist bey größerm Gewichte, auch die Kraft um so größer; und der Hebel bewegt sich. Im zweyten Falle wächst bey gleichem Gewichte die Kraft, wie die Entfernung. Denn das nämliche Gewicht bey einer doppelten Entfernung hält Gleichgewicht mit einem doppelten Gewichte bey einer einfachen Entfernung u. s. w.

Zusatz. 1. Wenn demnach Gleichgewicht statt hat, so ist auch $S:P = DB:ED$, oder $S \times ED = P \times DB$. Folglich ist überhaupt die respektive Kraft bey einem Hebel zu bemessen aus der Größe der absoluten Kraft multiplizirt mit ihrer Entfernung von dem Ruhepunkte. Dieses Produkt heißt die Größe des Vermögens der Kraft, momentum potentiae.*

Zusatz. 2. Weil die Kraft, mit welcher ein jeder Körper hinunter drückt, oder das Gewicht des Körpers proportional ist der Masse; (§. 26.) so findet man das Moment oder die Größe eines jeden schweren Körpers an dem Hebel, wenn man seine Masse mit der Entfernung von dem Ruhepunkte multiplizirt.

Zu-

* Das Moment schätzen andere aus der Größe der Bewegung, (§. 22.) oder durch das Produkt aus der Größe der absoluten Kraft, die durch eine Masse oder ein Gewicht kann ausgedruckt werden, in ihre Geschwindigkeit. R. des Cartes *op. posth. tract. de mechan.* — Biwald, *phys. p.* 1. *s.* 3. *art.* 3. — Varignon, *nouvelle mecanique ou statique etc.* Das Urtheil über diesen Grundsatz der Statik, wie auch über den Archimedischen und Wolfischen Beweis, s. in Kästners Mechanik 38..54.

Zusatz. 3. Je näher die Last am Ruhepunkte sich befindet, destoweniger Kraft wird erfodert, die Last zu halten; und umgekehrt, je weiter der Ruhepunkt von der Last entfernt ist, desto größer muß die Gegenkraft seyn; nämlich nach dem Maße der Entfernungen wächst auch das verhältnißmäßige Vermögen der Kräfte.

Zusatz. 4. Wenn demnach drey Stücke an dem Hebel bekannt sind, läßt sich auch das vierte leicht finden, um Gleichgewicht zu haben. Wenn z. B. das Gewicht Q, und seine Entfernung d; ferner D die Entfernung der Kraft gegeben sind: so findet man die Kraft x, wenn $Q : x = D : d$; nämlich $x = \frac{Qd}{D}$

Zus. 5. Wenn an dem Hebel die Entfernung der Kraft von dem Ruhepunkte zur Entfernung der Last von demselben ein größeres Verhältniß hat, als die Last zur Kraft: so wird die Kraft desto leichter die Last in Bewegung bringen, je größer die Entfernung der Kraft ist. Daher ist auch eine geringe Kraft im Stande eine große Last zu bewegen.

§. 48.

Lehrs. Die Kräfte P und Q an einem Winkelhebel ACB rechtwinkelicht PBC und QAC angebracht sind im Gleichgewichte, (Fig. 9.) wenn sie sich gegeneinander verkehrt verhalten, wie die Arme des Hebels, oder $P : Q = BC : AC$.

Man beschreibe aus dem Scheitel des Hebels C die Zirkel RAG und SBI; und ziehe die Halbmesser $RC = AC$, und $CS = CB$. Bringe hernach an S

unter einem rechten Winkel die Kraft p = P, und an R die Kraft q = Q. So ist Gleichgewicht zwischen p und q, wenn p : q = SC : RC. (§. 46. Zus. 3.) Hiemit weil P = p, und Q = q, ferner RC = AC, und SC = BC: so ist auch Gleichgewicht zwischen P und Q in dem Winkelhebel ACB, wenn P : Q = BC: AC.

§. 49.

Aufgabe. Wenn an den geraden Hebel AB die Kräfte P und Q schief angebracht sind: (Fig. 10.) in was für einem Verhältnisse müssen die Kräfte seyn, wenn Gleichgewicht statt haben soll?

Auflös. Man ziehe aus C auf AQ und BP die senkrechten Linien CD und CE. Man stelle sich vor, die Kräfte D und E wirken an dem Winkelhebel DCE auf den Punkt C mit dem nämlichen Vermögen senkrecht, wie Q und P: so ist D = Q, und E = P. Weil aber im Falle des Gleichgewichtes E : D = CE:CD, (§. 48.) so ist auch hier P:Q = CE: CD; das ist, wenn die Kräfte schief auf einen geraden Hebel wirken, so ist Gleichgewicht, wenn sie sich verkehrt verhalten, wie die senkrechten Linien, welche aus dem Ruhepunkte auf die Direktionslinien der Kräfte gezogen werden.

Zus. 1. Eben so, wenn die Kräfte P und Q an dem Winkelhebel ACB auf den Punkt C nach schiefen Richtungen AQ und BP drucken, und im umgekehrten Verhältnisse sind, wie die senkrechten Linien CE und CD, ist Gleichgewicht. (Fig. 11.)

Zu-

Zus. 2. Weil destoweniger Kraft vonnöthen ist, je größer die Entfernung ist; und allzeit CB > CE: so folget klar, daß die geringste Kraft nöthig sey, wenn sie unter einem rechten Winkel an den Hebel angewendet wird.

§. 50.

Die Theorie des Gleichgewichtes ist allgemein anwendbar, und von sehr großem Nutzen. Darauf gründet sich, was wir immer an Bewegung und Gebrauche der Maschinen vortheilhaftes haben. Darauf ist gebaut die ganze Lehre der Hydrostatik, der Aerometrie, der Baukunst, des Feldbaues ꝛc. z. B. nur etwas weniges von dem so bekannten, als im menschlichen Leben allgemein brauchbaren Hebel. *

I. Aus der Theorie des Hebels der ersten Art läßt sich die Ursache angeben der meisten Wirkungen, die wir mit den gemeinen Werkzeugen hervorbringen.

1) Die Scheere und die Zange sind nichts anders, als ein zusammengesetztes Instrument aus zween Hebeln, deren gemeinschaftlicher Bewegpunkt an dem Nagel oder der Axe ist, wodurch sie miteinander verbunden sind. Je länger die Arme oder Handhaben sind, an welcher die Kraft, z. B. die Hand, ist; und je näher sich der zuschneidende oder zuhaltende Körper an der Axe befindet, desto leichter schneidet die Scheere, und desto fester hält die Zange. 2) Mittels eines zweyzinkichten Hammers zieht man leicht einen

* Borellus, de motu animalium. — Pardies, de viribus moventibus. — Henner, *Experim. p. 1. pag.* 516. — Nollet, Vorles. 2. Th.

Nagel aus, der sonst bey einem daran gehängten Gewichte von mehr als tausend Pfunden unbeweglich steckt. Dieser Hammer aber ist ein Winkelhebel, dessen Unterlage der Punkt ist, worauf sich der Hammer stützet; der Nagel vertritt die Stelle der Last; und die Hand ist die Kraft, welche um so stärker wirket, je länger der Stiel des Hammers ist. 3) Man bricht einen Stock an dem Knye leichter, wenn man mit beyden Händen die äußersten Theile desselben anpacket, als wenn man ihn näher gegen das Knye zu greifet. Denn er ist ein doppelter Hebel, der seine Stütze an dem Knye hat; die Kraft ist in den Händen, und der Zusammenhang der Theile gilt für die Last. 4) Wenn es schwer hält ein Schloß mit dem Schlüssel aufzumachen, so stekt man einen Stock u. d. gl. in den Ring des Schlüssels, der Stock versieht die Stelle des Hebels, dessen Unterlage ist der untere Theil des Rings; die Hand ist die Kraft, der Widerstand am Schlüssel die Last.

II. Aus der Theorie des Hebels der zweyten Art wird erklärt, 1) warum ein Messer, welches an dem einen Ende an einer Tafel befestiget ist, desto stärker schneide, je näher der Körper an den Bewegungspunkt gebracht wird. 2) Warum wir mit den Backenzähnen leichter, als mit den Vorderzähnen, eine Nuß aufbeißen. Die Speise, als Last oder Widerstand, mit den Backenzähnen ergriffen kömmt näher an die Stütze, welche derjenige Punkt ist, wo die Kinbacken zusammengehen. 3) Warum Thüren oder Deckel leichter aufgehen, je weiter sie von den Angeln angepakt werden. Denn die Angeln gelten für die

Stütze, die Thüren oder Deckel für die Last, die Hände für die Kraft. 4) Wie mit den Rudern und mit dem Maste die Bewegung eines Schiffes verursacht werde. Denn das Ruder ist ein Hebel der zweyten Art; die Stütze ist das dem Ruder widerstehende Wasser, die Last das Schiff, die Kraft der Mensch, welcher um so weniger ermüdet wird, je länger die Handhabe am Ruder ist ɾc. *

II. Artikel.

Der Schwerpunkt.

§. 51.

Man stelle sich vor einen Körper ohne Schwere, oder einen geometrischen Körper MN; (Fig. 12.) einen Raum von einer bestimmten Figur und Größe, undurchdringlich, dessen Theile fest untereinander zusammenhangen.

Wenn man nun annimmt, daß in diesem Körper nur ein einziges Element A schwer sey; und eine Linie AP die Direktionslinie der Schwere des Elements A ist, so wird der Körper in einer jeden Lage ruhen, wenn nur der Punkt A unterstützt ist. Er kann aber unterstützt werden, entweder unmittelbar in A, oder in einer senkrechten Linie EP unter A in B, oder auch über A in C. Wenn aber der Punkt A, schwer in der Linie EP, gar nicht unterstützt wird,

* Hebel der dritten Art sind z. B. Schippen, Schaufeln, Hakken, Feuerzangen, Schaafscheeren u. d. g. Auch die meisten Glieder, welche bey dem thierischen Mechanismus mittels der Muskeln zur Bewegung gebracht werden. s. unten vor §. 58. Anmerk.

so wird der Körper hinunterfallen in einer auf den Horizont senkrechten Richtung; oder wenn nur ein anderes nicht schweres Element D außer der Linie E P unterstützt ist, so wird der Körper so lange bewegt werden, bis der schwere Punkt A in einer Linie A D, senkrecht auf den Horizont, stehe.

§. 52.

Wenn nun in dem festen Körper M N zwey, nicht mehrere Elemente als schwer angenommen werden, so kann ein Punkt zwischen A und B in der Linie A B als der Ruhepunkt gesetzt werden, um welchen sich die schweren Elemente A und B zu bewegen suchten. (Fig. 13.) Dieser Punkt, als unterstützt betrachtet, kann auf der Linie A B dergestalten in C gedacht werden, daß die Elemente A und B im Gleichgewichte seyn. In diesem Stande wird der ganze Körper ruhen. (Theorie des Gleichg.)

Der Punkt C unterstützte auf diese Art das Gewicht $= A + B$; und dieser Punkt C heißt der gemeinschaftliche Schwerpunkt, centrum gravitatis.

§. 53.

Gesetzt es seyn bey dem Körper M N drey Elemente A, B, D schwer; so haben auch diese nur einen einzigen Schwerpunkt.

Denn weil der Punkt C die zwey Elemente $A + B$ (§. 52.) $= S$ unterstützt; so kann man sich denken, es seyn nur zwey schwere Elemente in dem Körper M N, nämlich S und D. Hiemit kann auch ein Schwerpunkt zwischen C und D auf der Linie C D als

ein

ein Ruhe- oder Bewegungspunkt angenommen werden, um welchen die Elemente S (= A + B) und D den Körper zu bewegen sich bestrebten. Dieser Punkt, den man sich als unterstützt vorstellt, kann an einem Orte der Linie C D z. B. in E so angenommen werden, daß die Elemente S und D im Gleichgewichte sind, in welchem Falle der ganze Körper ruhete. (nach der Theorie vom Gleichgewichte gilt es gleich, ob S und D das nämliche Gewicht haben oder nicht.) Demnach wäre der Punkt E der gemeinschaftliche Schwerpunkt der drey Elemente A, B, D; und dieser Punkt unterstützte auf diese Weise ein Gewicht = A + B + D.

§. 54.

Es sey ferner in dem Körper M N das vierte Element F schwer, weil der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Elemente A, B, D in E ist, so kann man sich vorstellen, der Punkt E trage ein Gewicht R = A + B + D; und dieses Gewicht R hat wieder mit dem Elemente F seinen gemeinschaftlichen Schwerpunkt an einem Orte auf der Linie E F, z. B. in G, welches nun trüge die Elemente A + B + D + F = V.

Das nämliche läßt sich behaupten von fünf, sechs, sieben Elementen, u. s. w. Daher im allgemeinen, wenn eine gewisse Anzahl Elemente eines festen schweren Körpers einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt hat, so hat auch eine jede Zahl n + 1 einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, daß man also bey einer jeden Anzahl der Elemente in einem Körper endlich auf einen einzigen gemeinschaftlichen Schwerpunkt komme.

§. 55.

§. 55.

Weil alle Elemente eines jeden Körpers schwer sind, so hat ein jeder Körper einen und zwar nur einen einzigen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, oder einen Punkt, um welchen alle Theile des Körpers im Gleichgewichte liegen.

Zus. 1. Man kann sich vorstellen, als wenn alle Schwere eines Körpers in einem einzigen Punkte, nämlich in dem Schwerpunkte, beysammen liege.

Zus. 2. Was diesen Schwerpunkt unterstützet, unterstützt das ganze Gewicht des Körpers.

Zus. 3. Wenn demnach ein Körper an seinem Schwerpunkte aufgehängt oder unterstützt ist, ruhet er.

Zus. 4. Wenn die Direktionslinie des Schwerpunktes, diejenige Linie nämlich, welche aus dem Schwerpunkte senkrecht auf den Horizont geht, innerhalb der Grundfläche fällt, so ruht der Körper; im Gegentheile fällt der Körper gegen jene Seite, wohin die Direktionslinie zieht.

Zus. 5. Weil sehr dünne Körperplatten als schwere ebene Flächen angesehen werden können, obschon im geometrischen Verstande die Flächen keine Schwere haben: so haben auch diese Flächen, sie seyn dreyeckicht, zirkelförmig, u. s. w. ihren Schwerpunkt.

Zus. 6. Wenn die Masse eines Körpers durch den ganzen Raum, welchen sie einnimmt, gleichartig vertheilt ist: so ist der Mittelpunkt der Größe zugleich auch der Mittelpunkt der Schwere.

Anmerk. Wo in Körpern oder in Körperflächen von unterschiedlicher Figur der gemeinschaftliche Schwerpunkt sey, und wie derselbe gefunden werde, lehrt

lehrt die angewandte Mathematik.* So wird z. B. darinn gezeigt, daß der Schwerpunkt eines Triangels sey in der Entfernung vom Scheitel $\frac{2}{3}$ der Linie, welche von da herab auf die Mitte der Grundlinie gezogen wird; in der Parabel $\frac{3}{5}$ Axe; in der Pyramide und im Kegel $\frac{3}{4}$ Axe vom Scheitel.

§. 56.

Wenn der Punkt A der Schwerpunkt des Körpers MN ist, und über A der Punkt E, welcher in der senkrechten durch den Schwerpunkt A gehenden Linie ist, unterstützt wird; (Fig. 12.) so ruht der Körper, und kann nicht um den Punkt E außer der senkrechten Linie E P gewendet werden, ohne daß der Schwerpunkt A steige; und wenn demnach der Körper sich selbst überlassen wird, so wird er sich so lange hin und her bewegen, bis die Linie EAP senkrecht auf den Horizont ist, und bleibt.

Wenn aber der Körper unter dem Schwerpunkte A in P unterstützt wird, und die mindeste Abweichung von der senkrechten Linie AP geschieht: so wird er gegen diejenige Seite fallen, wohin sich die Linie A P neiget.

§. 57.

Aus dem vorhergehenden wird erklärt,** I. Es pflegen Räder, Zylinder ꝛc. gemacht zu werden, welche

* De Chales, *Stat. L.* 5. *c.* 7. — Kästner, Mechan. 40. 49. — Schottus, *Mag. p.* 3. *l.* 1. *c.* 5. — s' Gravesaude. *phys. elem. L.* 1. *p.* 2. *c.* 10.

** Pardles, *de vir. mov.* §. 35. — Schwenter, mathem. Erquickungsstunden 9. Th. — Harsdoerffer, *del. math.*

welche auf einer schiefen Fläche zum Erstaunen der Unwissenden von selbsten hinaufsteigen. In dergleichen Körpern liegt ein anderer spezifisch schwererer z. B. Bley verborgen, dergestalten daß der Schwerpunkt nicht mit dem Mittelpunkte der Größe übereinkömmt, sondern gegen einen Theil der Oberfläche sich befindet. Wenn nun der Körper so gelegt wird, daß sein Schwerpunkt nach den Gesetzen des Gleichgewichts fallen und gegen die Horizontalfläche sich neigen muß; dieses aber nicht geschehen mag, ohne daß der Körper durch eine walzende Bewegung auf der schiefen Fläche etwas in die Höhe steige: so meinen Leute, die in der Naturlehre unerfahren sind, nicht ohne Verwunderung, ein solcher Körper bewege sich gegen die angebohrne Schwere. Oft macht es auch die Figur des Körpers ohne Zuthuung eines andern spezifisch schwerern, daß der Schwerpunkt nahe an die Oberfläche zu liegen kömmt.

II. Wird die Ursache gegeben, warum Thürme z. B. der zu Pisa und zu Bologna, fest stehen, obschon der Senkel von der Spitze herab weit außerhalb der Grundfläche fällt. Solche Thürme haben eine Breite Grundfläche, innerhalb welcher die Direktionslinie des Schwerpunkts noch geht, obschon sich die Last sehr auf eine Seite neigt.

III. Da wir auf zween Füßen stehen, machen diese mit dem Raume zwischen denselben die Grundfläche

math. t. 3. *p.* 432 etc. — Casatus, *mech. l.* 1. *c.* 9. — Henner, *experiment.* p. 1. f. 4. — Musschenbroek, *introd. ad phys.* §. 508. etc. — Biwald, de *æquilib. grav. et centro gravitatis.*

fläche aus, in deren Mitte die Direktionslinie des Schwerpunkts fällt, welcher sich im Unterleibe befindet. Beym gehen, wenn der rechte Fuß aufgehoben ist, kann der Mensch nicht fest auf dem linken stehen, wenn nicht die Linke Seite des Körpers so gelenket wird, daß die Direktionslinie des Schwerpunktes auf die Grundfläche fällt, welche nun die linke Fußsohle ist. Wenn wir hernach fortschreiten wollen, neigen wir den Körper etwas vorwärts, daß die Direktionslinie außerhalb der Grundfläche komme; und da dieses geschieht, würden wir freylich vorwärts fallen, wenn nicht alsbald der rechte Fuß vorgesetzt würde, und auf solche Weise die Direktionslinie wieder innerhalb der Grundfläche zu stehen käme. Daraus ersieht man, wie das Gehen bey dem Menschen bewerkstelliget wird, welches von den Kindern nicht so leicht und geschwinde gelernt wird, weil wegen der kleinen Grundfläche die Direktionslinie leicht ausweichet, und wegen der schwachen Glieder der Schwerpunkt sehr hin und her schwanket.

IV. Wer eine Bürde auf dem Rucken trägt, wer vom Sitzen aufsteht, einen Berg oder eine Stiege hinaufsteigt, neigt das Haupt vorwärts; rückwärts aber im heruntersteigen. Wer wanket, streckt den Arm oder den Fuß auf die entgegengesetzte Seite. Wer mit dem Rücken oder mit den Fersen an einer Wand ansteht, muß einen Fuß voraussetzen, wenn er etwas von der Erde aufheben will ꝛc. Die Ursache hievon ist, weil im Gegentheile die Direktionslinie außerhalb der Grundfläche fiele. Da dieses die Seiltänzer durch lange Uebung zu vermeiden gelernt haben,

ben, so können sie auch so fertig und künstlich auf einem Seile hin- und hergehen. Darauf gründet sich auch die Tanzkunst.

V. Vierfüßige Thiere haben ihren Schwerpunkt gegen die Mitte des Unterleibes, und die Direktionslinie fällt in das Viereck zwischen den vier Füßen. Wenn sie gehen wollen, neigen sie den Körper ein wenig gegen die eine Seite, daß der Schwerpunkt von zweenen Füßen unterstützt werde, da indessen die zween andern aufgehoben werden. So stützt sich z. B. das Pferd auf einem Vordern- und dem andern Hinterfuße, wenn es geht. Aber im strengen Laufe werden die zween vordern, und hernach die hintern so aufgehoben, daß jetzt auf jenen, jetzt auf diesen die ganze Last lieget.

III. Artikel.

Maschinen *

A.

Die Wage.

§. 58.

Erklärung. Die gemeine Wage, libra, bilanx, ist ein gleicharmichter Hebel, womit ein unbekanntes Gewicht

* Maschine, machina, ist ein Werkzeug, mittels dessen eine vortheilhafte Bewegung gemacht werden kann, entweder Kraft oder Zeit zu gewinnen. Gleiche oder entgegengesetzte Kräfte sind im Gleichgewichte. (§. 39.) Wenn nun die Kraft gegen die Last nur ein wenig vermehrt

Gewicht eines gegebenen Körpers mittels eines andern bekannten gesucht wird. An der Wage sind mehrere Theile zu unterscheiden, nämlich, daß Joch, oder der Balken, die Arme, die Zunge, die Hand-

E habe,

mehrt wird: so folgt eine verhältnißmäßige Bewegung. Euler, de machinarum usu maxime lucroso, *comment. petrop.* t. 10. p. 74. Kästner, Anfangsgr. der höhern Mech. 3. Abschn. 38. Joh. Bernoulli, *opp. t.* 3. *n.* 171. a. 6. Schober, Theorie von der Uiberwucht. Leipz. 1751.

Wie viel bey einer Maschine die absolute Kraft gewinnt, daß sie relativ stärker wird, so viel geht an Zeit und Raume verloren; oder je geschwinder die Kraft sich bewegt, desto langsamer wird die Last bewegt. Daraus erhellt der Unterschied zwischen dem Hebel der dritten und der ersten oder zweyten Art. Der einfachen Maschinen sind sechs, nämlich der Hebel, die Rolle, die Welle, die schiefe Fläche, die Schraube, der Keil; obschon alle auf die Theorie des Hebels sich beziehen. Andere nehmen zwo Fundamentalmaschinen an, nämlich den Hebel und die schiefe Fläche, nach welchen sie die Eigenschaften der übrigen erklären. Aus verschiedener Zusammensetzung derselben entstehen die vielerley Arten von Maschinen, durch deren rechten Gebrauch wir so weit gelangen, daß wir oft, wie Aristoteles, *quæst. mechan.* und nach ihm Pappus Alexandrinus, *math. collect.* L. 8. pr. 10. sich ausdruckt, durch die Kunst die Natur überwinden.

Vorzüglichere Schriften über Statik und Mechanik sind z. B. R. des Cartes mechanica. *opp. posth.* — De la Hire, traité de mecanique. — J. Hermanni, phoronomia. — Varignon, nouvelle mecanique ou statique. *ouvrage posth.* — L. Euleri, mechanica. Petrop. 1736. — Kästners, Anfangsgr. der höhern Mechanik. Gött. 1766.

habe, die Axe und die Schüsseln. Was an diesen Theilen zu beobachten sey, wird mündlich erklärt werden, und kann in Leupolds statischem Theater umständlicher nachgesehen werden.*

Zusatz. Um Gleichgewicht an dieser Wage zu haben müßen die Gewichte beyderseits gleich seyn. (§. 42.)

Anmerk. 1. Wenn an einer solchen Wage, woran gleiche Gewichte sind, die Stütze oder die Axe des Balkens unter dem Schwerpunkte desselben angebracht ist: so wird, wenn der Balken nur ein wenig aus der

1766. — Karstens Lehrbegriff der Mathem. 3. 4. Th. — J. G. Büsch, Mechanik. Vers. einer Mathem. zum Nutzen und Vergnügen des bürgerl. Lebens. Hamb. 1776. — J. Kraftii mechanica latine reddita et aucta a J. N. Tetens. Bütz. et Wism. 1773. — Dan. Möglich, mechanische Kunstkammer. — J. Leupolds, theatr. machinarum gener. Leipz. 1724. — Wallis, mechanica. *opp. math.* vol. 1. — Wolfs, elem. stat. et mechan. — Gravesande, *elem. phys. math.* L. 1. p. 2. — De Chales, *cursus math.* t. 2. tr. 8. — Jungnikel, clav. mech. — S. Stevinus, elem. stat. — Machines approuvées par l'acad. roy. des sc. Paris, 1735. — J. H. Lamberts, Gedanken über die Grundlehren des Gleichgewichtes, im 2. Th. der Beyträge zum Gebr. der Mathem. — Hauser, *elem. philos.* t. 4. — Nollet, Vorles. 3. Th. — Desponts, theorie nouvelle de mouvemens variés. Paris 1784. eine Schrift, worinn den größten Physikern widersprochen wird.

* l. cit. p. 1. — Euler, de bilancibus, *comm. petr.* t. 10. p. 3. — Leutmann, t. 2. p. 35. — Cramer, Probirwage. Probirkunst 1. Th. p. 304. — Segner, de opt. gen. circa libras.

der wagerechten Lage kömmt, das eine Gewicht sinken, welches auf derjenige Seite ist, wohin sich die Direktionslinie des Schwerpunktes des Balkens neiget. (§. 56.) Ist aber die Axe über dem Schwerpunkte, wie es seyn soll: so wird die Wage bey gestörtem Parallelismus sich so lange auf- und abbewegen, bis die horizontale Lage wieder hergestellt ist.

Anmerk. 2. Obschon es auf vielerley Weise geschehen kann, daß die Wage falsch sey, z. B. wenn die Arme von ungleicher Länge, Dicke, oder Schwere sind, u. s. m. so kann doch aller Betrug durch die blose Verwechselung der Wagschalen entdeckt werden. Denn wenn die Wage betrügerisch ist, können die Gewichte bey dieser Verwechselung das Gleichgewicht nicht halten.

§. 59.

Erklärung. Die Schnellwage, römische Wage, statera, ist ein Hebel, an welchem der Bewegpunkt oder die Unterlage an einem Ende, wo das zu untersuchende Gewicht hängt, sehr nahe ist; da an dem längern Arme, der in gleiche Theile eingetheilt ist, ein ständiges Gewicht, cursor, so lange bewegt wird, bis Gleichgewicht erhalten wird.*

Zusatz. Um Gleichgewicht zu erhalten müßen die Gewichte im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen seyn. (§. 47.)

Anmerk. Die Schnellwage wird vorzüglich gebraucht große Gewichte zu untersuchen. Damit sie aber gerecht sey, soll der längere Arm ohne Läufer

 mit

* Leupolds theatr. stat. c. 6. item Leipziger Heuwage.

mit dem kürzern das Gleichgewicht halten, und zugleich mit dem Hacken, woran das Gewicht pflegt gehängt zu werden. Aber meistentheils ist der längere Arm schwerer, als der kürzere. Daraus erhellt, daß auf einer solchen Wage im Falle, wo der Läufer z. B. auf der vierten Nummer hangend mit der Masse im Gleichgewichte ist, ein Theil von dem absoluten Gewichte dieser Masse das Supplement des kürzern Arms sey, um Gleichgewicht mit dem längern zu machen; der andere Theil aber das vierfache Gewicht des Läufers habe. Gesetzt, z. B. zwey Pfund seyn zum kürzern Arme zu thun, damit Gleichgewicht mit dem längern erhalten werde; der Läufer habe drey Pfund, und sey auf der vierten Nummer im Gleichgewichte: so muß man sich an der Masse zween Theile vorstellen. Einer, welcher das Gleichgewicht der Arme verursacht, wird zwey Pfund haben; der andere viermal soviel als der Läufer, nämlich zwölf Pfund; folglich wird es eine Masse von vierzehn Pfund seyn.

B.

Axe in einer Welle.

§. 60.

Erklärung. **Haspel**, oder **Welle um eine Axe**, axis in peritrochio, ist ein um seine Axe beweglicher Zylinder AB, in welchen ein oder mehrere Hebel, Stangen, scytalae, PP, gesteckt werden. Eine Art, succula, liegt horizontal; die andere, ergata, steht aufrecht.*

§. 61.

* Oft ist an der Welle ein Rad befestiget, welches mit derselben

§. 61.

Lehrsatz. Damit die Kraft mittels der Welle um eine Axe mit der Last im Gleichgewichte sey, muß sich die Kraft zur Last verhalten, (Fig. 14.) wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades, oder des Zirkels, welchen die Stange um den Mittelpunkt der Welle beschreibt.

Diese Maschine ist ein Hebel der ersten Art, dessen Ruhepunkt ist in der Mitte des Zylinders; die Last befindet sich am äußersten Theile des Halbmessers des Zylinders, die Kraft aber am Ende der Stange.

Zusatz 1. Wenn der Zylinder statt der Stangen mit einem Rade versehen ist: so verhält sich auch die Kraft zur Last, wie der Umkreis des Zylinders, zum Umkreise des Rades. Denn die Kreise sind unter sich, wie ihre Halbmesser.

Zusatz 2. Wenn also die Kraft größer ist, als die Last, so wird diese in Bewegung gebracht. Die Kraft wird aber vermehrt, wie die Stangen länger, und der Zylinder im Umfange kleiner wird. Ferner, wenn die Kraft in dem Maße abnimmt, wie der Durchmesser des Rades zunimmt: so wird die Last immer auf eine und die nämliche Weise in Bewegung seyn. Das beobachtet man an den Federn der Sackuhren und an der kegelförmigen Welle, an welcher die Kette befestigt ist. Denn da anfangs die Federn mehr

selben einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt hat. Auch ohne dieses muß man gedenken, daß der eingesteckte Hebel bey der Bewegnng der Welle um ihre Axe einen Zirkel beschreibe.

mehr gespannt sind, als am Ende, und deswegen an sich eine größere Kraft haben: so müßen sie anfänglich an der Spitze des Kegels ziehen, wo die Entfernung von der Axe klein ist; am Ende aber ziehen sie an der Grundfläche, wo die Entfernung größer ist; wodurch geschieht, daß eine größere absolute Kraft in einer kleinern Entfernung gleich wird einer kleinern Kraft in einer größern Entfernung.

Zusatz. 3. Wenn die Last an dem Zylinder senkrecht hängt; die Kraft aber schief auf die Stange oder den Halbmesser des Rades wirkt: so ist die Kraft mit der Last im Gleichgewichte, wenn sich jene gegen diese verhält, wie der Halbmesser des Zylinders zur senkrechtechten Linie aus dem Mittelpunkte des Rades auf die Direktionslinie der Kraft. (§. 49.)

Anmerkung. 1. Beym Gebrauche dieser Maschine ist darauf zu sehen, daß 1) die Kraft auf die Stangen, auf das Rad, oder auf die Schaufeln, Flügel, welche von dem Wasser oder Winde sollen bewegt werden, senkrecht angebracht werde; weil alsdenn das Vermögen der Kraft größer ist, als wo die Richtung schief geht. (Zus. 3.) 2) Soll die Kraft, so viel möglich ist, an dem äußersten Ende des Halbmessers seyn. 3) Ist zu vermeiden, daß, indem der Strick um den Zylinder gewunden wird, sich nicht ein Theil über den andern lege; denn dadurch würde die Entferuung der Last von der Axe vermehrt.

Anmerk. 2. Wenn ein sehr dicker Strick gebraucht wird: so muß zu dem Halbmesser des Zylinders der Halbmesser des Stricks gerechnet werden, um die wahre Entfernung der Last von dem Ruhepunkte zu wissen.

An-

Anmerk. 3. Zu der Welle um seine Axe gehören jene große Räder, z. B. bey den Krahnen, welche mit den Füßen getreten werden; ferner die Wasserräder bey den Mühlen, bey welchen zu bemerken ist, daß, je stärker der Wasserfluß ist, desto kleiner in seinem Durchmesser das Rad seyn könne; hingegen bey schwächerm Wassertriebe die absolute Kraft desselben durch die Größe des Rades ersetzt werden müße.

C.

Zahnräder.

§. 62.

Aufgabe. Es sey der Hebel E B aus zweenen einfachen E A und A B zusammengesetzt (Fig. 15.) Die Kraft P sey in E; die Last O in B: wie verhält sich P zu O, wenn Gleichgewicht seyn soll?

Auflös. Die Kraft P verhält sich zur Wirkung, welche auf den äußersten Punkt A des Hebels A B gemacht wird, wie A C : E C. Demnach wenn man diese Wirkung y nennt; so ist $y = \frac{P \times EC}{AC}$

Weil aber dieser Wirkung so gemacht wird auf den Hebel A B, daß mit dem Gewichte O Gleichgewicht erhalten wird: so ist auch $\frac{EC \times P}{AC} : O = DB : AD.$

Folglich $\frac{DA \times EC \times P}{AC} = O \times DB.$

Und $DA \times EC \times P = O \times DB \times AC.$

Schließlich $P : O = DB \times AC : DA \times EC.$

Zus. 1. Auf die nämliche Art ist zu verfahren, wenn der Hebel aus drey oder mehrern einfachen zusammengesetzt ist.

Zus. 2. Wenn ein langer Körper AB mittels eines Hebels ACE, dessen Unterstützungspunkt in C ist, von der Kraft P in E soll im Gleichgewichte gehalten werden; (Fig. 16.) und wenn der Unterstützungspunkt dieses Körpers ist in B, sein Schwerpunkt in D: so ist leicht einzusehen, daß

$$P : O = AC \times BD : EC \times AB.$$

§. 63.

Erklärung. Zahnräder, rotae dentatae, sind eine zusammengesetzte Maschine aus mehrern größern Rädern, welche um ihre Axe kleinere Räder oder Triebe haben, so geordnet, daß die Zähne eines jeden Triebes in die Zähne des folgenden größern Rades beständig eingreifen, so daß, wenn das erste Rad von der Kraft bewegt wird, auch das zweyte, dritte, ꝛc. endlich das letzte in Bewegung gesetzt werde, woran mittels eines Zylinders ein Gewicht an einem Stricke hängt. Diese Maschine wird auch Pancratium genannt, weil sie die Kraft unendlich vermehrt. Die Einrichtung dieser Maschine kann man sehen an den großen und kleinen Uhren, an den Winden, Mühlen u. s. w.*

§. 64.

* Euler, de aptissima figura rot. dent. tribuenda. *comm. nov. petr.* t. 5. — Leutmann, von Uhren. — Beyer, Mühlenschauplatz. — Leupold, theatr. mach. c. 9. — Essai sur l'horlogerie, par M. F. Berthoud. Par. 1763. —

D.

§. 64.

Lehrsatz. Ein jedes Rad ist eine Welle um eine Axe.

In Betreff des ersten Rades A pflegt die Kraft entweder an dem Ende des Halbmessers, oder, wenn statt des Rades eine Kurbe da ist, an derselben angebracht zu werden. Der Ruhepunkt ist in der Axe des kleineren Rades oder Triebes; die Last ist das folgende größere Rad B, welches soll bewegt werden. In Rücksicht auf das zweyte Rad B ist die Kraft an dem Triebe des ersten Rades; der Ruhepunkt in der Axe des zweyten Triebs; die Last das folgende Rad C. Für das dritte Rad ist die Kraft an dem zweyten Triebe; der Ruhepunkt in der Axe des dritten Triebes; die Last das folgende Rad, oder das Gewicht, welches an der Axe des dritten Rades hängt.

Zusatz 1. Da die Welle um eine Axe zum Hebel gehört, (§. 61.) und ein jedes Rad eine Welle um eine Axe ist, so folgt aus dem §. 62. daß die Kraft, welche mittels mehrerer Räder mit der Last im Gleichgewichte ist, sich zur Last verhalte, wie das Produkt aller Halbmesser der Triebe und des Zylinders, um welchen der Strick geht, zum Produkte aller Halbmesser der größern Räder und der Kurbe, womit die Maschine herumgedreht wird.

D. J. Alexander, von Uhren, aus dem Fr. mit Anm. von Berger. Lemgo 1763. — Vogel, prakt. Unterricht von Taschenuhren. Leipzig 1774. — Forstmann, von Taschenuhren, zur Kenntniß und Ausbesserung für solche, die nicht von der Feile, sondern von der Feder Profession machen. Halle 1779.

Zusatz. 2. Wenn demnach mehrere Räder angewendet werden, oder wenn die Halbmesser der Triebe kleiner, hingegen die Halbmesser der Räder größer werden; so wächst die Kraft; und daraus erhellet, wie sehr dieselbe durch Hilfe dieser Maschine vermehrt werden könne.

Zusatz. 3. Wenn drey Räder sind, und die Halbmesser der größern Räder zu den Halbmessern der Triebe, wie 10 : 1; so wird die Kraft von einem Pfunde mit einer Last von 1000 Pfunden im Gleichgewichte seyn.

Denn $10 \times 10 \times 10 : 1 \times 1 \times 1 = 1000 : x$

und $x = \frac{1000 \times 1 \times 1 \times 1}{10 \times 10 \times 10} = 1.$

Zusatz 4. Wenn solche Kraft nur ein wenig vermehrt wird: so ist sie vermögend eine große Last zu bewegen.

§. 65.

Aufgabe 1. Die Anzahl der Räder und das Verhältnis zwischen den Halbmessern der Räder und der Triebe zu finden, damit eine bekannte Last mit einer gegebenen Kraft im Gleichgewichte sey.

Auflös. Die Last sey $= 100$ und die Kraft $= 21$; so kann man sich die Kraft vorstellen als einen Theil, oder als den Zähler eines Bruches, davon die Last der Nenner ist. Man löse den Bruch $\frac{1}{100}$ in so viel Faktoren auf, als man Räder haben will; durch die Zähler werden die Halbmesser der Triebe, durch die Nenner aber die Halbmesser der Räder angezeigt werden. Z. B. wen $\frac{21}{100} = \frac{1}{2} \times \frac{3}{5} \times \frac{7}{10}$: so müßen drey Räder seyn, und die Halbmesser der Triebe, wie 1, 3, 7;

die

die Halbmesser aber der Räder, wie 2, 5, 10; und so wird die Kraft mit der Last Gleichgewicht halten.

Denn 100 : 21 = 2 × 5 × 10 : 1 × 3 × 7.

§. 66.

Aufg. 2. Oft müßen statt eines großen Rades mehrere kleinere angebracht werden, um Raum zu ersparen: wie muß die Anzahl der Räder und das Verhältniß zwischen den Halbmessern derselben und der Triebe gefunden werden?

Auflösung. Der Halbmesser des größern Rades sey = 24, der Halbmesser des Triebes = 6; weil der Halbmesser des Triebes allzeit kleiner ist, als der Halbmesser des Rades, so kann man sich denken, jener sey ein Theil von diesem; hiemit = $\frac{6}{24}$, welcher Bruch in $\frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times \frac{3}{4}$ aufgelöst die gesuchte Zahl der kleinern Räder und das Verhältnis der Halbmesser giebt, wie §. 65.

§. 67.

Aufg. 3. Wenn die Anzahl der Zähne des Rades und des Triebs gegeben ist, zu finden, wie oft der Trieb herumgehen müße, bis das Rad einmal herumgehe.

Auflös. Man dividire die Zahl der Zähne des Rades mit der Zahl der Zähne des Triebs; der Quotus giebt die Zahl der Umläufe des Triebs, bis das Rad einmal herumgeht. Denn ein jeder Zahn des Rades treibt einen Zahn des Triebs fort; folglich wird der Trieb bey einem Umlaufe des Rades so oft herumlaufen, als die Zahl seiner Zähne in der Zahl der

Zähne des Rades enthalten ist. Z. B. seyn 30 Zähne am Rade, 6 am Triebe; so giebt $\frac{30}{6} = 5$, die Umläufe des Triebes.

§. 68.

Aufg. 4. Wenn die Zahl der Zähne von mehrern Rädern und Trieben gegeben ist, zu finden; wie oft das erste Rad, an welchem die Kraft ist, herumgehe, bis das letzte, woran die Last ist, einmal herumbewegt werde.

Auflös. Man dividire die Zahl der Zähne eines jeden Rades durch die Zahl der Zähne des Triebes, den es bewegt; die Quotienten multiplizire man unter sich; das Produkt giebt, wie oft das erste Rad herumgeht, bis das letzte einmal herumgetrieben wird.

D.

Die Rolle und der Flaschenzug.

§. 69.

Erklärung. Die Rolle, trochlea, ist eine um ihre Axe bewegliche runde Scheibe, in deren äußerstem Rande eine Furche ist, in welcher ein Seil oder eine Kette liegt. An einem Ende des Seils ist die Last, am andern die Kraft. Die Rolle ist entweder an einem Hacken D oder sonst an etwas befestiget, und nur um ihre Axe beweglich, trochlea fixa; (Fig. 17.) oder sie hängt z. B. an E, und bewegt sich zugleich mit der an ihrem Mittelpunkte C hangenden Last O in die Höhe, trochlea mobilis. (Fig. 18.)

§. 70.

§. 70.

Lehrsatz. Damit die Kraft mittels einer fixen Rolle mit der Last im Gleichgewichte sey, müßen beyde einander gleich seyn.

Denn die fixe Rolle ist ein Hebel der ersten Art, dessen Ruhepunkt in C, die Kraft in A, die Last in B ist. Da aber AC = BC, so muß die Kraft der Last gleich seyn.

Obschon durch die fixe Rolle das Moment der Kraft nicht vergrößert wird; so dient sie doch, 1) daß die Kraft eine andere bequemere Richtung, z. B. abwärts, erhalte; 2) wird die Kraft durch die Schwere des bewegenden Körpers vermehrt; 3) vermindert sie durch die Bewegung um ihre Axe die Reibung.

§. 71.

Lehrsatz. Durch eine bewegliche Rolle wird die Kraft noch einmal so vermögend, als sie an und für sich wäre.

Denn die bewegliche Rolle ist ein Hebel der zweyten Art, dessen Ruhepunkt ist in B; die Entfernung der Last von demselben = CB; die Entfernung der Kraft aber = AB = 2 CB.

Zusatz. Damit also die Kraft mit der Last im Gleichgewichte sey, so muß seyn P : Q = CB : AB = 1 : 2.

Anmerkung. Die beweglichen Rolle wird gewöhnlich mit einer unbeweglichen verbunden, damit die Kraft durch das Hinunterziehen die Last in die Höhe bringen könne.

§. 72.

§. 72.

Erklärung. Mehrere Rollen miteinander vereiniget machen einen Flaschenzug aus, polyspastos.

Lehrsatz. Damit die Kraft, in einer parallelen Richtung mit der Last, diese im Gleichgewichte halte, muß sie sich gegen dieselbe verhalten, wie eins zur doppelten Anzahl der untern beweglichen Rollen.*

Durch die obern Rollen wird das Moment der Kraft nicht vergrößert; (§. 70.) aber durch eine jede untere noch einmal soviel. (§. 71.) Da aber die Last sich

* Dieser Satz ist nicht allgemein, sondern nur alsdenn anwendbar, wenn, wie bey gemeinen Flaschenzügen, das Seil an dem obern unbeweglichen Kloben befestiget ist, oder unten so viel bewegliche, als oben unbewegliche Rollen sind. Richtiger ist das Verhältniß, wie eins zur Zahl der Seile, die von der Last angezogen oder gespannt werden. Wolff, *elem. mech. theor.* 119. Bisweilen werden die Rollen nicht über, sondern neben einander gesetzt, um Platz zu gewinnen. Wenn in diesem Falle die beweglichen Rollen nicht in einem und ebendemselben Gehäuse beysammen sind, und zugleich aufwärts steigen: so hat die kurz vorher angegebene Art das Verhältniß der Kraft zur Last zu berechnen nicht statt. Alsdenn ist das Verhältniß, wie $1 : 2^n$, wo der Exponent der Zahl der beweglichen Rollen gleich ist. Desaguliers, *phys. exper.* t. 1. p. 107. Mehrere verschiedene Arten die Rollen in den Kloben zusammen zu ordnen findet man bey den oben §. 58. angeführten Schriftstellern, welche umständlicher von der Mechanik handeln. Eine allgemeine Berechnung des Klobens, die Seile mögen parallel laufen oder nicht, geben nach Wallis und Varignon, Kästners Mechanik und Sigaud de la Fond Geostatik.

sich immer selbst gleich bleibt = 1; so wird Gleichgewicht seyn, wenn sich die Kraft zur Last verhält, wie eins zur doppelten Zahl der untern Rollen.

Zusatz 1. Wenn also zwo untere Rollen sind, so ist die Kraft zur Last = 1 : 4; wenn drey sind, wie 1 : 6, u. s. m.

Zus. 2. Wenn eine große Zahl von Rollen ist: so kann durch eine geringe Kraft eine sehr große Last mittels dieser Maschine in Bewegung gebracht werden.

Zus. 3. Wenn ein Gewicht von 9000. Pfunden in die Höhe zubringen, nebst dem Flaschenzuge, eine Welle um die Axe angewendet wird; so wird die Kraft viel mehr verstärkt werden. Denn wenn ohne dieselbe die Kraft mittels vier Rollen zöge: so wäre eine Kraft = 2250 Pf. hinlänglich. Nun aber soll eine Welle oder ein Haspel beygesetzt werden, dessen Halbmesser zehnmal größer ist als der Halbmesser des Zylinders: so wäre der zehnte Theil von 2250, nämlich 225, genug. Folglich wenn vier Menschen an vier Schaufeln des Zylinders arbeiteten; so wären sie vermögend, mit Anwendung einer Kraft = $56\frac{1}{4}$ Pfund, neun tausend Pfunde im Gleichgewichte zu halten.

E.

Schiefe Fläche.

§. 73.

Erklär. Eine schiefe Fläche, planum inclinatum, macht mit dem Horizonte, auf welchem sie steht, einen

einen schiefen Winkel. Zum Beyspiele ist die Fläche A C, welche mit der Horizontalebene B C den Winkel ACB macht. (Fig. 19.) Die senkrechte Linie A B ist die Höhe; A C stellt die Länge, BC die Grundfläche vor.

§. 74.

Lehrsatz. Die Kraft P, welche mit dem Gewichte M auf der schiefen Fläche das Gleichgewicht hält, beträgt sich zu diesem, wie der Sinus des Neigungswinkels der Fläche zum Cosinus des Winkels, welchen die Direktion der Kraft P macht mit der schiefen Fläche; nämlich P : M = sin m : cos. a.

Man nehme an, des Körpers oder Gewichts M Schwerpunkt sey O; so wird OKL die Direktionslinie des Schwerpunkts seyn, senkrecht auf der Horizontallinie BC. Die Direktion der Kraft sey OP. Aus dem Punkte E, wo der Körper aufliegt, ziehe man eine senkrechte Linie EG auf die Direktionslinie der Kraft; ferner aus E gehe eine senkrechte Linie auf die Direktion des Schwerpunts: so stellt GEH einen Winkelhebel vor, dessen Ruhepunkt oder Unterlage in E ist.

In diesem Falle ist P : O = EH : EG.

Es ist aber 1) O E : 1 = EH : sin. EOH. (sin. m.)

2) OE: 1 = EG : sin. GOE (sin. aEG) cos. a.

$$\text{Folglich } EH = \frac{\text{sin. m}}{O\,E}$$

$$\text{und } EG = \frac{\text{cos. a}}{O\,E}$$

$$\text{Schließlich } P : O\,(M) = \frac{\text{sin. m}}{O\,E} : \frac{\text{cos. a}}{O\,E} = \text{sin. m} : \text{cos. a}$$

Zus.

Zus. 1. Wenn also P : O = sin. m : cos. a, so ist Gleichgewicht.

Zus. 2. Wenn die Kraft P nach der Richtung R O, parallel mit dem Horizonte BC, das Gewicht M im Gleichgewichte hält: so ist der Winkel a = der Winkel m.

hiemit P: O = sin. m: cos. m.
und weil sin. m : cos. a = AB : BC;
so ist P: O = AB: BC.

d. i. die Kraft verhält sich in diesem Falle zur Last, wie die Höhe der schiefen Fläche zu der Grundlinie.

Zus. 3. Wenn die Kraft P nach der Richtung SO, parallel mit der schiefen Fläche AC, das Gewicht M im Gleichgewichte hält: so ist bey a kein Winkel, oder der Winkel a = o; hiemit auch cos. a = cos. o = sin. tot. Deswegen ist in diesem Falle P: O = sin. m : sin. tot. und weil sin. m: sin. tot. = AB: AC; so ist P : O = AB : AC; oder wie die Höhe zur Länge.

Anmerk. Da das absolute Gewicht eines Körpers bey Veränderung der Figur nicht verändert wird: so bleibt auch die nämliche Wirkung, obschon der kugelförmige Körper M eine andere Figur erhält.

Zus. 4. Die Kraft wird um so mehr erleichtert, je länger bey der nämlichen Höhe die schiefe Fläche wird; oder je kleiner die Höhe wird bey der nämlichen Länge.

Zus. 5. Weil der Sinus totus der größte ist, so ist die Kraft, welche mit der schiefen Fläche parallel wirkt, in Vergleichung gegen alle andere Richtun-

gen am wirksamsten. Bey einer jeden andern Richtung wird gegen eine und die nämliche Last eine stärkere Kraft erfodert.

F.

Die Schraube und der Keil.

§. 75.

Wenn man sich vorstellt, daß um den Zylinder DC rechtwinkelichte Triangel ACB sich herumwinden; so hat man eine solide Schraube, welche auf diese Weise in hervorstehende, gleiche und parallele Furchen schneckenförmig eingeschnitten ist. (Fig. 20.) Die Peripherie der Schraube oder CA ist die Grundlinie; die Hypothenuse BA stellt vor die Furche, und die Linie BC den Abstand zwoer Furchen voneinander. Die solide Schraube geht in einen hohlen Zylinder, welcher gleichmäßig in Furchen eingeschnitten ist.

Der Gebrauch der Schraube, cochlea, ist, Körper in die Höhe zu heben, oder vielmehr zusammen zu pressen. Man pflegt aber einen Hebel dazu anzuwenden, an dessen Ende die Kraft sich befindet.

§. 76.

Lehrs. Die Kraft, welche mittels einer Schraube mit der Last im Gleichgewichte steht, muß sich zu dieser verhalten, wie die Entfernung zwoer aneinander gränzender Furchen zum Umkreise des Zylinders.

Eine

Eine jede Furche kann angesehen werden als eine schiefe um einen Zylinder gehende Fläche, dessen Grundlinie ist der Umkreis des Zylinders, die Höhe aber die Entfernung zwoer nächst beysammen stehender Furchen. Die Kraft aber, welche auf die Schraube wirkt, verhält sich gegen die Last in einer mit der Grundfläche parallelen, oder horizontalen Richtung; folglich nach der Theorie vom §. 74.*

Zusatz. 1. Wenn ein Hebel in die Schraube gesteckt ist, so macht die an dem Hebel befindliche Kraft einen Umkreis in der Zeit, in welcher die Last nach dem Maße der Entfernung zwoer Furchen erhöhet oder niedergedrückt wird. In diesem Falle, welcher der gebräuchlichste ist, verhält sich die Kraft zur Last, wie der Abstand zwoer Furchen zum Umkreise, welchen jener Punkt am Hebel macht, an dem die Kraft sich befindet.

Zusatz 2. Je kleiner also der Abstand der Furchen von einander ist, je dicker hingegen der Zylinder und je länger der Hebel, desto wirksamer wird die Kraft durch diese Maschine seyn.

§. 77.

Erklärung. Eine Schraube ohne Ende, cochlea infinita, besteht aus dreyen Furchen oder Schneckengängen, in welche eben so viele Zähne eines Rades eingreifen. Sie dreht sich so lange um, als das Rad herumgeht, weil der vierte Zahn immer in die erste

* Kästner, Mechan. 111. Anmerk. — Ebend. ad theoriam cochleae pertinens observatio geometrica. *differt. Mathem. et phys. n.* 6.

erste Furche eingreift. Es pflegt gemeiniglich an dem Triebe des ersten Rades noch ein anderes zu seyn, an diesem das dritte ꝛc. Auf solche Art giebt es eine zusammengesetzte Maschine aus Zahnrädern und einer Schraube ohne Ende, wodurch man in Stand gesetzt wird, ungeheure Läste in Bewegung zu bringen.*

§. 78.

Lehrsatz Wenn die Kraft durch eine Schraube ohne Ende und einige Räder mit der Last im Gleichgewichte steht, so verhält sie sich zu dieser, wie das Produkt aus der Entfernung zwoer Furchen und den Halbmessern aller Triebe zum Produkte aus dem Umkreise, welchen der Hebel beschreibt, und aus den Halbmessern der Räder.

Dieser Satz folgt deutlich aus dem §. 64. Zus. 1. und §. 76. Denn die Kraft, welche z. B. an einer Kurbe ist, verhält sich zur Kraft der Schraube auf das erste Rad als Gewicht betrachtet, wie die Entfernung zwoer Furchen zum Umkreise der Kurbe; und die Kraft der Schraube auf daß erste Rad ist zur Kraft des ersten Rades auf das zweyte als Last betrachtet, wie der Halbmesser des Triebes des ersten Rades zum Halbmesser des ersten Rades selbst, u. s. w.

§. 79.

Erklärung. Ein dreyeckigtes Prisma, dessen Seite einen rechtwinkelichten Triangel ACB vorstellt, (Fig. 21.)

* Harsdoerffer, Delic. math. et phys. t. 2. p. 395. t. 3. p. 429. — Jungnikel, clav. mach. §. 209.

21.) heißt ein einfacher Keil, cuneus simplex. BC ist die Höhe des Keils, AC seine Basis. Ein doppelter Keil ACB ist aus zweenen einfachen zusammengesetzt, (Fig. 22.) deren gemeinschaftliche Basis DA ist.

§. 80.

Lehrsatz. Wenn die drückende Kraft P an dem Rücken BC des einfachen Keils gleich ist dem Widerstande des zu trennenden Körpers = O, so ist P : O = BC : AC, oder wie die Höhe des Keils zur Basis.

Der Keil kann angesehen werden, als eine schiefe Fläche, und der Widerstand als eine Last. Die Kraft wirkt in einer horizontalen Richtung; hiemit ist P : O = BC : AC.

§. 81.

Lehrsatz. Wenn die Kraft P, wirkend auf den Rücken des doppelten Keils BCA, gleich ist der Resistenz = O; so ist P : O = BC : 2DA, oder wie die Höhe des Keils zur doppelten Basis.

Wenn man sich statt eines doppelten Keils zween einfache vorstellt, an deren jedem eines Theils die halbe Kraft, andern Theils die halbe Last wirket: so ist

$\frac{1}{2}$ P : $\frac{1}{2}$ O = BD : DA.

Ferner $\frac{1}{2}$ P : $\frac{1}{2}$ O = DC : DA.

Folglich P : O = BC : 2DA.

Zusatz. Je spitzer der Keil ist, oder je kleiner seine Höhe gegen die Grundlinie; desto wirksamer ist er. Und weil der Winkel, den zwo krumme Linien einschliessen, unendlich kleiner ist, als der Winkel, den zwo gerade Linien machen; so erhellet,

warum die Klauen und Schnäbel der Vögel, besonders auch die Scheermesser, welche etwas eingebogen sind, so scharf einschneiden. Aus der Theorie des Keils wird auch bewiesen die Wirksamkeit vieler Werkzeuge, z. B. der Messer, Nägel, Hobel, Aexte, etc. *

Besondere Gesetze der Bewegung.

I. Artikel.

Zusammengesetzte, geradlinigte und krummlinigte Bewegung.

§. 82.

Erklärung. Wenn die Bewegung eines Körpers nur von einer Kraft bewirkt wird; so heißt die Bewegung einfach, motus simplex. Wird die Bewegung von mehrern Kräften hervorgebracht, so heißt sie zusammengesetzt, motus compositus. Diese Kräfte, welche zu einer Zeit auf einen Körper wirken, heißen vires componentes.

§. 83.

* In Schätzung der Kraft des Keils sind die Naturforscher wegen vieler dabey vorkommender Schwierigkeiten nicht einig. s. G. F. Bærmann, Diss. de cuneo. Witteb. 1751. Gewölbe und künstliche Versuche ausgenommen wirken selten todte Kräfte auf die Keile, in dem sie gewöhnlich mit Schlägen angetrieben werden, welche sich nicht nach den Gesetzen der Statik allein beurtheilen lassen. Kästner, Mechan. 105. Anmerk. — De la Hire, mechan. *chap., du Coin.* — Varignon, mech. *sect.* 8.

§. 83.

Erfahrungen. 1. Wenn aus einem Schiffe, welches schnell von dem Strome fortgerissen wird, ein Stein an eine Brücke geworfen wird: so wird der Wurf viel stärker seyn, als wenn das Schiff stillgestanden, und der Stein mit der nämlichen Kraft geworfen worden wäre; und zwar um so viel stärker, je schneller das Schiff gegen die Brücke fortgetrieben wird.

Erfahr. 2. Ist aber das Schiff schon durch die Brücke gefahren, und wird der nämliche Stein mit der nämlichen Kraft an die Brücke geworfen; so wird der Wurf schwach seyn, und zwar um desto schwächer, je schneller das Schiff hinunter fährt.

Erfahr. 3. Wenn ein Stein gegen einen fixen Punkt in einem bewegten Schiffe mit einer Richtung, die nicht nach und nicht gegen die Bewegung des Schiffes geht, geworfen wird: so wird er weder den geraden Weg, den das Schiff nimmt, weder denjenigen, den er in einem stillstehenden Schiffe genommen hätte, durchlaufen, sondern einen Mittelweg zwischen beyden.

Erfahr. 4. Man richte senkrecht auf ein Gestell GFCH, dessen gegenüberstehende Seiten einander parallel seyn; (Fig. 23.) und lege darauf einen Zylinder E, an welchem mittels eines herumgewickelten Fadens eine Kugel A hange. Man beschreibe an der einen Seite das Parallelogramm ABCD; alsdenn wälze man den Zylinder von E gegen F zu, so daß sich der Faden, woran die Kugel hängt, aufwickeln könne: auf diese Weise wird die Kugel A die Diagonallinie AC durchlaufen.

§. 84.

Wenn wir auf diese und dergleichen Erscheinungen aufmerksam sind: so sehen wir leicht ein, daß ein Körper von zwoen und mehrern Kräften in Bewegung gesetzt werden könne, welche entweder 1) eine und die nämliche Richtung haben; oder 2) nach entgegengesetzten Richtungen trachten; oder 3) unter einem Winkel CAB (Fig. 24.) nach der Richtung AC und AB dermassen zusammenstimmen, daß sie den beweglichen Körper durch einen Mittelweg dahin bringen, daß er gewisser Maßen einer jeden der vereinigten Kräfte Folge leiste. Was in jedem Falle geschehe, wird theils aus den schon angeführten Erfahrungen, theils aus folgendem erhellen.

§. 85.

Lehrsatz. Wenn mehrere Kräfte zu einer Zeit nach einerley Richtung auf einen Körper wirken, so wird die Bewegung gleich seyn der Summe der vereinigten Kräfte.

Weil diese Kräfte auf keine Weise einander entgegengesetzt sind: so ist es klar, daß eine jede Kraft ihre völlige Wirkung habe, welche sie für sich alleine hätte.

§. 86.

Lehrsatz. Wenn die Richtungen der Kräfte einander schnurgerade entgegengesetzt sind, so bewegt sich der Körper nach der Richtung der stärkern Kraft, mit einer Geschwindigkeit, welche gleich ist der Differenz der Kräfte.

Wären die Kräfte einander gleich: so würden sie sich bey entgegengesetzten Richtungen einander aufheben (§. 39.) Wenn also eine größer ist, so kann nur eine Wirkung erfolgen, welche dem Übermaße oder der Differenz gleich ist.

Zusatz Wenn die entgegengesetzten Kräfte einander gleich sind: so ruhet der Körper.

§. 87.

Lehrs. Wenn der Körper A von zwoen Kräften angetrieben wird, welche nach den Richtungen AB und AC gleichartig wirken, (Fig. 24.) und sich gegeneinander verhalten, wie Seiten eines Parallelogramms: so wird er durch eine zusammengesetzte Bewegung zur nämlichen Zeit die Diagonallinie dieses Parallelogramms durchlaufen, in welcher er eine oder die andere Seite durchlaufen hätte, wenn er von einer oder der andern Kraft allein in Bewegung gesetzt worden wäre. *

Der Körper soll in A von zwoen Kräften R und S nach den Richtungen AB und AC dermassen angetrieben werden, daß er zur Zeit, wo er durch eine gleichartige Bewegung aus A in B käme, aus A in C gelangte, wenn er allein nach der Richtung AB oder AC bewegt würde. Nun aber 1) ist klar, daß die Kraft R, weil sie nach der Linie AC parallel mit BD wirkt, nichts als eine Geschwindigkeit nach der Linie mit BD parallel hervorbringe; hiemit die Geschwindigkeit, welche von der andern Kraft S bewirkt wird, nach BD zu gelangen nicht verändere. Es wird also der Körper zur nämlichen Zeit zu BD gelan-

 gen,

* Kants metaph. Naturw. Phoronomie.

gen, obschon die Kraft R eingedruckt werde, oder nicht; und deswegen wird er am Ende dieser Zeit an einem Orte auf der Linie BD sich befinden. Auf die nämliche Art wird erwiesen, daß der Körper am Ende dieser Zeit an einem Orte der Linie CD sich einfinden müße. Zu beyden Linien aber BD und CD kann er nicht zugleich kommen, außer in dem gemeinschaftlichen Orte D.

2) Auf den Punkt D wird er auf der geraden Linie AD gelangen. Denn man gedenke, die Zeit, in welcher AB und AC durchlaufen wird, sey eingetheilt in drey gleiche Theile; auch AB und AC sey in eben so viele Theile, mit der Zeit proportional, eingetheilt. Nun wird der Körper A am Ende der ersten Zeit im Punkte G; am Ende der zweyten Zeit in Punkte K; endlich in D seyn. Diese Punkte aber liegen in einerley Richtung. Denn man ziehe FG, IK, BD parallel mit AE, AH, AC; da AF, AI, AB proportional sind mit AE, AH, AC: so sind die Triangel AFG, AIK, ABD einander ähnlich; folglich auch die Winkel FAG, IAK, BAD gleich. Sie wären aber nicht gleich, wenn nicht die Punkte G, K, D in einer geraden Linie lägen, wie die Punkte F, I, B. Hiemit ist auch AD die Diagonallinie.*

Zusatz.

* Wenn drey oder mehrere Kräfte zu gleicher Zeit schief nach verschiedenen Richtungen auf einen Körper wirken; so wird er einer jeden Kraft verhältnißmäßig nachgeben. Z. B. Die eine Kraft Fig. 25. gienge nach AI, die andere nach AF, die dritte nach AC; so würden ihn die Kräfte AI und AF allein nach B treiben. Nun kann

AB

Zusatz 1. Die Kraft AD aus zwoen Kräften AB und AC zusammengesetzt verursacht auf der nämlichen Ebene, auf welcher die Kräfte sind, die Bewegung. Denn es kann keine Diagonal seyn außerhalb der Ebene, auf welcher die Seiten des Parallelogramms sind.

Zusatz. 2. Da eine jede gerade Linie AB, nach welcher ein Körper von einer einzelnen Kraft bewegt wird, die Diagonal eines Parallelogramms seyn kann: so kann eine jede einfache Bewegung, in Rücksicht auf die Wirkung, als zusammengesetzt betrachtet werden. (Fig. 25.) So kann die Bewegung durch AB angesehen werden, als käme sie von den Kräften AI und AF her. Denn es mag der Körper nur von einer Kraft nach der Richtung AB, oder von zwoen Kräften zugleich nach den Richtungen AF und AI bewegt werden: so wird die nämliche Wirkung seyn; und der Körper wird aus A in B in einer geraden Linie gelangen. Folglich können statt einer Kraft AB zwo Kräfte AI und AF angenommen werden; und statt zwoer Kräfte AI und AF eine

Kraft

AB als eine Kraft angesehen werden, welche mit der Kraft AC vereiniget den Körper von A nach D bringt; und so ist AD der Weg, welchen der Körper von dreyen Kräften zugleich angetrieben durchläuft. Eben so geht es, wenn noch mehrere Kräfte zusammen wirken. Wenn aber zwischen zwoen Kräften AI und AF eine dritte S = AB, und diesen entgegen gesetzt ist: so wird keine Bewegung erfolgen. Wie sich dieses u. a. m. durch Versuche beweisen lasse, hievon s. Henner, *phys. experim.* p. I. c. 7. §. 3.

Kraft A B. Im letzten Falle heißt es: zwo Kräfte werden zusammengesetzt; im ersten aber eine in zwo aufgelöst; compositio & resolutio virium.

Anmerk. 1. In der Natur hat zwar die Auflösung der Kräfte oder der Bewegungen nicht statt; es läßt sich aber bisweilen wohl eine Kraft in mehrere durch unsere Gedanken auflösen. Denn da die nämliche Wirkung erfolgt, ob nur eine Kraft da ist, oder mehrere zusammen von gleichem Werthe: so erhellet, daß die Stärke der Beweise nicht vermindert werde, wenn statt einer mehrere Kräfte gesetzt werden.

Anmerk. 2. Aus dieser Auflösung der Kräfte wird geschlossen, daß keine Kraft auf einen Körper wirke, als in soweit ihre Richtung senkrecht auf denselben geht. Denn wenn 1) der Körper in B durch die Kraft und senkrechte Richtung BD auf die Fläche EF geht: (Fig.26.) so ist klar, daß die ganze Kraft der Fläche entgegen sey, und folglich auch ganz auf dieselbe wirke. Wenn aber 2) der Körper auf die Fläche wirket nach einer schiefen Richtung BC: so stelle man sich vor, diese Kraft sey zusammengesetzt aus der horizontalen mit der Fläche Parallelen AB, und aus der senkrechten BD. Es ist aber augenscheinlich, daß der Körper in B nach der horizontalen AB und mit der Fläche EF parallelen Kraft auf die Fläche nicht wirke; folglich wirkt sie nur nach der Kraft BD, welche senkrecht auf die Fläche geht. Dieses kann aus der Mechanik und aus verschiedenen von s'Gravesande sehr genau gemachten Versuchen hinlänglich bestättigt werden.* Die ganze Kraft, welche einem Körper zukömmt,

* *Phys. elem.* l. 2, c. 8.

kömmt, heißt die absolute Kraft; die aber wirklich auf einen andern Körper in gewissen Umständen ausgeübt wird, ist die respektive.

Zus. 3. Da die zusammengesetzte Kraft sich verhält, wie die Diagonal eines Parallelogramms: so ist auch für jede Kräfte, sowohl todte, als lebendige, welche unter einem gegebenen Winkel zusammenstimmen, die zusammengesetzte Kraft gleichgeltend, welche vorgestellt wird durch die Diagonal eines Parallelogramms, durch dessen Seiten die einzelnen Kräfte vorgestellt werden.

Zus 4. Je spitzer der Winkel ist, unter welchem die Kräfte vereinigt sind, desto größer ist die Diagonallinie; hiemit auch desto größer die Kraft und Geschwindigkeit. Hingegen je stumpfer der Winkel ist, desto kleiner ist die Diagonallinie, und so auch die dadurch vorgestellte Kraft und Geschwindigkeit.

Zus. 5. Da allzeit eine Seite eines jeden Triangels kleiner ist, als die zwo übrigen; und daher $AD < AB + BD$; ferner $BD = AC$; und folglich $AD < AB + AC$: (Fig. 24.) so erhellt, daß die Kraft, durch welche eine zusammengesetzte Bewegung verursacht wird, allzeit kleiner sey, als die zusammengesetzten Kräfte für sich betrachtet; und daß also von den absoluten Kräften immer etwas verloren gehe.

§. 88.

Lehrsatz. Die Kräfte, welche bey einer zusammengesetzten Bewegung verloren gehen, werden wohl ausgedruckt durch die Linien AI und AM, (Fig. 25.) welche

senk-

senkrecht auf der Diagonal AD stehen; die übrigen wirkenden aber durch die Parallelen IB und MC.

Man denke, die Bewegung durch AB sey zusammengesetzt aus den Bewegungen durch AF, und AI senkrecht auf der Diagonal AD; die Bewegung aber durch AC aus den Bewegungen durch AE, und AM auch senkrecht auf AD. Man vollende beyde Parallelogramme. So ist der Triangel AEC = BFD; (denn AC = BD; der Winkel AEC = BFD; und der Winkel FDB = EAC; daher der Winkel FBD = ECA) hiemit auch BF = CE, und folglich AI = AM. Diese Kräfte aber als gleich und einander entgegengesetzt heben einander auf; und werden also wohl durch die senkrechten Linien auf der Diagonal AD vorgestellt. Die übrigen sind IB und MC; diese aber laufen mit der Diagonal AD parallel, und sind derselbigen gleich; denn IB = AF, und MC = AE = FD.

Zus. Daraus ist auch begreiflich, daß der bewegliche Körper in A von zwoen Kräften getrieben von der Diagonallinie AD nicht abweichen könne, weil die Wirkungen der Kräfte AI und AM, welche ihn von der Diagonal abzuführen sich bestreben, gleich und entgegengesetzt sind.

§. 89.

Lehrs. So oft ein Körper in seiner Bewegung eine krumme Linie beschreibt, wird er von einer doppelten Kraft angetrieben; und es ist eine zusammengesetzer Bewegung.

Ein

Ein Körper von einer Kraft angetrieben bestrebt sich in einem jeden Zeitpunkte fortzugehen, oder geht wirklich fort in einer geraden Linie. (§. 20.) Wenn er nun auf einem jeden Punkte der krummen Linie seine Richtung verändert; so muß eine Ursache da seyn, welche ihn beständig von der geraden Richtung ablenket.

§. 90.

Lehrs. Wenn die Kräfte AB und AC, welche unter einem Winkel zusammenstimmen, von verschiedener Art sind, so daß eine gleichartig, die andere ungleichartig wirket: (Fig. 27.) so wird der Körper eine krumme Linie AGKD beschreiben.

Die Linie AB stelle vor die gleichartig wirkende Kraft, und gleiche Räume AF, FI, IB, zu drey gleichen Zeiten durchlaufen. Ferner die Linie AC stelle eine beschleunigende und ungleichartig wirkende Kraft vor, und demnach ungleiche Räume AE, EH, HC in den nämlichen drey gleichen Zeiten durchlaufen. Es ist bekannt aus dem vorhergehenden, daß der Körper nach und nach kommen werde auf die Punkte G, K, D. Aber diese Punkte liegen nicht in gerader Linie. Denn die Linien AE und AH, wie auch die Parallelen FG und IK sind nicht proportional mit AF und AI; deswegen hat auch die Proportion nicht statt, AF : AI — FG : IK; folglich sind auch die Triangel AFG und AIK einander nicht ähnlich; und daher ist auch der Winkel A beyden Triangeln nicht gemein, oder der Winkel FAG ist dem Winkel IAK nicht gleich. Denn wenn diese Winkel gleich wären; so wären auch, weil die Winkel bey F und I gleich sind, die

Triangel

Triangel AFG und AIK gleichwinklicht, und einander ähnlich. Deswegen kann eine gerade Linie aus A auf G gezogen nicht auf eine gerade Linie fallen, welche aus A auf K gezogen wird; das ist, die Punkte A, G, K liegen nicht in einer geraden Linie. Auf die nämliche Art kann der Beweis gemacht werden von den Punkten A, K, D.

Anmerk. Dergleichen krumme Linien, Bogenlinien, trajectoriae, können verschieden seyn, nachdem die Art der Kräfte, von welchen ein Körper in Bewegung gesetzt wird, verschieden ist. Wenn ein Körper von zwoen Kräften angetrieben wird, deren eine eine gleichartige, die andere aber in parallelen Richtungen wirkend eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorbringt: so beschreibt er eine Parabel, wie in der Mechanik gezeigt wird.*

§. 91.

Lehrs. Wenn ein Körper, aus einem Punkte A durch die Kraft AB geworfen, zugleich auch durch eine Kraft AD gegen einen unbeweglichen Punkt C beständig getrieben wird: (Fig. 28.) so wird er um diesen Punkt eine stete krumme Linie beschreiben.

Man nehme eine bestimmte Zeit an, welche in gleiche unendlich kleine Zeiträumchen eingetheilt sey. Gesetzt, ein Körper beschriebe im ersten Zeiträumchen, wenn er allein von der Wurf- oder Fliehkraft AB bewegt

* Gravesande, *phys. elem. math. L.* 1. *c.* 22. 23. Newton *princ. math. L.* 1. *de motu corp. f.* 2. *&c.* Keill, *introd. ad veram phys. lect.* 16.

wegt würde, die unendlich kleine Linie AB; wenn er aber allein die Kraft empfände, welche ihn gegen den Punkt C triebe, so beschriebe er die unendlich kleine Linie AD. Weil eine jede, obschon sonst veränderliche, Bewegung innerhalb einer unendlich kleinen Zeit für gleichartig kann gehalten werden, (§. 19. Anmerk.) so wird dieser Körper in dem ersten Zeiträumchen die Diagonallinie AE (§. 87.) machen. In dem zweyten Zeiträumchen, wenn die Kraft EH gegen den Punkt C zu wirken aufhörte, würde er seinen Weg in einer gleichförmigen Bewegung fortsetzen, oder er gienge aus A in F, so daß EF = AE wäre. Weil er aber zugleich von der Kraft EH gegen C getrieben wird: so wird er wieder in einer zusammengesetzten Bewegung die Diagonallinie EG durchgehen, u. s. w. Der Körper wird also nach und nach das Vieleck AEGK ꝛc. beschreiben. Die Seiten AE, EG, GK ꝛc. sind aber unendlich klein, da eine jede derselben in einer unendlich kleinen Zeit beschrieben wird; folglich macht dieses Vieleck eine stete krumme Linie aus, und aus Entstehung derselben ist ersichtlich, daß sie um den unbeweglichen Punkt C laufe.

§. 92.

Dergleichen Kräfte, durch welche ein Körper um einen unbeweglichen Punkt eine stete krumme Linie beschreibt, pflegen Zentralkräfte, vires centrales, genannt zu werden; und zwar diejenige Kraft, welche den Körper nach der Richtung der Tangens AB z. B. zu bewegen sucht, nach welcher der Körper vermöge seiner Trägheit §. 20. immer fortgienge, wenn keine

andere Kraft hinzukäme, heißt Tangentialkraft, vis tangentialis. Die andere Kraft, welche den Körper von der Tangentialrichtung immer hinweg, und gegen einen gewissen Punkt z. B. den Mittelpunkt eines Zirkels zu ziehen trachtet, heißt Zentripetalkraft, vis centripeta. Diese Kraft wird vorgestellt durch der Linie AC Theil AD, welcher in dem gegebenen Zeiträumchen durchlaufen würde, wenn keine andere Kraft da wäre. Der Punkt C wird bald das Zentrum der Bewegnng, bald das Zentrum der Kräfte genannt. Endlich die gerade Linie AC, welche den beweglichen Körper mit dem Mittelpunkte der Kräfte vereiniget, und die man sich gedenket, als werde sie mit dem Körper fortbewegt, pflegt radins vector, der Leitfaden, genannt zu werden.

§. 93.

Der Gebrauch der gegebenen Theorie von der zusammengesetzten so wohl gerad- als krummlinigten Bewegung ist sehr weitschichtig. Sie wird angewendet zur Erklärung der natürlichen Bewegungen, welche mehrentheils zusammengesetzt sind.* Der Fisch mit seinen Schwimmflossen, die Vögel mit ihren Schwung- und Ruderfedern geben sich gewöhnlich eine solche Richtung, daß sie einen Mittelweg, jene im Schwimmen, diese im Fliegen machen. Ein Schiff setzt in einer schiefen Richtung über einen Fluß, da

* Hier etwas von der Zusammensetzung der Muskelfasern, welche als Fäden angesehen werden können. *Vid.* Borellus *de motu animal. p.* 1. *c.* 14. *&c.* Nieuwentyt, Weltbetrachtung. 10.

da es theils durch die Ruder, theils durch die Gewalt des Stroms fortgetrieben wird. Wer aus einem schnellfahrenden Wagen springt, kömmt nicht auf den Platz, wo er hinzielt: denn da der Wagen geht nach der Richtung AC, (Fig. 24.) der Sprung nach AB, so geht der Fall nach AD. Ferner ist diese Theorie besonders anwendbar in der physischen Astronomie, Artillerie ꝛc. weiter in Bestimmung der Kräfte, durch deren Zusammensetzung eine verlangte Bewegung erhalten wird; in Erfindung der Richtung, nach welcher mehrere vereinigte Kräfte eine größere Stärke äußern, oder mit leichterer Mühe die gewünschte Wirkung leisten ꝛc.*

II. Ar-

* Kepler hat aus aus astronomischen Beobachtungen gefunden, daß 1) alle Planeten in elliptischen Kreisen um die Sonne bewegt werden, so zwar, daß die Flächen, welche der Leitfaden, radius vector, beschreibt, den Zeiten proportional seyn. 2) Daß die Quadraten der periodischen Zeiten sich verhalten, wie die Kubikzahlen der mittlern Entfernungen von der Sonne. Daß die erste keplerische Regel auf jede krummlinigte Bewegung um einen fixen Punkt anwendbar sey, beweiset Newton *princ. phil. nat.* l. 1. ſ. 2. pr. 1. Was hievon ein Anfänger der physischen Astronomie zu wissen hat, zeigen Biwald, *phyſ. gen.* p. 1. ſ. 4. — Krafft, *præl. phyſ.* p. 1. c. 8. de viribus centralibus.

Bey der bogenförmigen Bewegung muß auch besondere Rücksicht auf die Masse genommen werden. s'Gravensande, *elem. phyſ. math.* l. 1. c. 23., und andere beweisen von den Zentralkräften in einer zirkelförmigen Bewegung folgende Sätze. 1) Wenn die periodischen

II. Artikel.

Von den Gesetzen des freyen Falls schwerer Körper.

§. 94.

Die Erfahrung bezeugt, 1) daß alle Körper, wenn sie nicht gehalten oder unterstützt werden, sich hinabwärts bewegen; und zwar 2) so, daß die Räume, welche in gleichen Zeiten nach und nach durchlaufen werden, immer größer werden.

Zu-

Zeiten zweener Körper und ihre Entfernungen von dem Mittelpunkte gleich sind: so verhalten sich die Zentralkräfte gegen einander, wie die Massen. 2) Wenn die periodischen Zeiten und Massen gleich sind: so sind die Kräfte, wie die Entfernungen. 3) Wenn bey gleichen periodischen Zeiten die Massen und Entfernungen ungleich sind: so sind die Kräfte im zusammengesetzten Verhältnisse derselben. 4) Daher sind auch die Zentralkräfte einander gleich, wenn die Massen im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen sind. 5) Wenn gleiche Massen in gleichen Entfernungen bewegt werden: so sind die Kräfte verkehrt wie die Quadraten der Zeiten, oder gerade wie die Quadraten der Geschwindigkeiten. 6) Da die Quadraten der Zeiten unter sich sind, wie die Kubikzahlen der Entfernungen: so sind die Zentralkräfte im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem Geraden der Massen und dem Verkehrten der Quadraten der Entfernungen. — S. ferner Hugenii theoremata de vi centrifuga et motu circulari demonstrata a J. Keill, introd. ad veram physicam pag. 379. et seqq.

Die

Zus. Daraus erfolget, daß die Geschwindigkeit der Körper, wenn sie frey fallen, von Zeit zu Zeit vermehrt werde.

§. 95.

Dieser Zuwachs der Geschwindigkeit ist eine Wirkung der Schwere, als Bewegkraft betrachtet.

Denn wenn die Körper ganz träg, unthätig, nicht schwer wären, so beharrten sie in dem Stande der Ruhe, wofern keine andere bewegende Kraft hinzukäme; und wenn nach Verlaufe des ersten Zeiträumchens des freyen Falls die Schwerkraft in dem Körper zu wirken nachließe: so würde der Körper in den folgenden Zeiten in einer gleichartigen Bewegung und in einer senkrechten Richtung mit der nämlichen Geschwindigkeit zu fallen fortfahren, die er am Ende des ersten Zeiträumchens erhalten hatte, das ist, ohne Vermehrung der Geschwindigkeit.

Die Bogenlinie, welche Körper, die mit dem Horizonte parallel oder schief geworfen werden, beschreiben, ist wegen manchen Hindernissen in dem strengsten Verstande keine Parabel. Hierüber verdienen nachgelesen zu werden Blondel in den *memoires de l' acad.* 1718. von der Balistik. Ebend. art de jetter les bombes. — La Caille, mechan. n. 444. wo von dem Widerstande der Luft Anmerkungen gemacht werden. — Ferner Euler, *mech.* t. 1. pr. 107. und p. 379. wie auch *in notis ad Robins pyrotechniam.* — Torricellius, *de motu projectorum* L. 3. — Joh. Bernoulli *in act. erud. Lips.* 1719. 1721. *et oper.* t. 4. p. 354. — Dan. Bernoulli, *comm. ac. petrop.* t. 2. — Varignon, *mem. de l' ac. des sc. par.* 1708. 1709. — Herrmann, *phoronom.* c. 4.

§. 96.

Wenn wir als gewiß annehmen, daß die Schwere beständig, nämlich in jeden Zeiträumen mit gleicher Kraft auf die fallenden Körper wirke: so folgt daraus, daß ihre Geschwindigkeit stets wachse, wie die Zeit wächst, oder daß in der zweyten Zeit die Geschwindigkeit doppelt, in der dritten dreyfach ꝛc. sey: hiemit die Bewegung gleichförmig beschleunigt werde. (§. 18.)

Daraus können unterschiedliche Schlußfolgen gezogen werden, welche, mit der Erfahrung und Beobachtung der frey fallenden Körper verglichen, ziemlich genau damit übereinstimmen.*

§. 97.

Der Punkt A sey ein schwerer Punkt oder der Schwerpunkt einer Masse, auf welchen die Schwere stets und in einem jeden Zeiträumchen mit gleicher Kraft wirke. (Fig. 29.) Dieser Punkt falle in der ersten Sekunde durch den Raum AB; und gesetzt, seine Schwere höre am Ende dieser Zeit auf zu wirken: so würde dieser Punkt in B nicht ruhen, sondern mit der Geschwindigkeit, welche er in der ersten Sekunde erhalten hat, den Raum BC in einer gleichartigen Bewegung machen; (§. 20.) wie aus folgendem Lehrsatze weiter erhellen wird.

§. 98.

* Newton, *princ. math. Lex 2. mot. comment.* 25-31. — Galiläi war der erste, welcher diese Schlußfolgen gemacht hat.

§. 98.

Lehrs. Der Raum AB = S, in der Zeit T, z. B. in einer Sekunde mit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, von dem schweren Punkte A durchlaufen, (Fig. 29.) ist die Hälfte des Raums BC, welchen der nämliche Punkt A, mit der Geschwindigkeit C, die er am Ende der Zeit T bey seiner beschleunigten Bewegung hat, in der zweyten Sekunde mit einer gleichartigen Bewegung vermöge seiner Trägheit durchlaufen würde, wenn während dieser zweyten Sekunde die Kraft der Schwere nicht wirkte.

Denn man Theile die Zeit T, welche der Punkt mit seiner beschleunigten Bewegung zubringt, in unendlich kleine Zeiträumchen; und, weil die Geschwindigkeit am Ende der Zeit T gleich ist C, so ist das Wachsthum derselben, wie diese unendlich kleine Zeiträumchen, in einer arithmetischen Progression $\frac{C}{\infty} + \frac{2C}{\infty} + \frac{3C}{\infty} \ldots\ldots + \frac{\infty C}{\infty}$ oder C. Nun aber, weil die Bewegung in einer unendlich kleinen Zeit gleichartig ist, (§. 19. Anmerk.) hiemit auch die Räume wie die Geschwindigkeiten, (§. 18.) so stellt die nämliche Progression auch die Räumchen vor, welche in diesen unendlich kleinen Zeiten durchlaufen werden; folglich drückt auch die Summe dieser Progression den ganzen Raum aus, welcher in der ganzen Zeit T gemacht wird. Die Summe aber einer arithmetischen Progression ist gleich der Summe des ersten und letzten Gliedes multiplizirt mit der Hälfte der Zahl der Glieder; und die Zahl der Glieder in dem gegebenen Falle ist = T.

$$\text{Daher } S\ (= AB) = \overline{\frac{C}{\infty} + C} \times \frac{T}{2}$$

$$\frac{C}{\infty} = 0$$

Folglich ist der Raum AB oder S in der ganzen Zeit T oder in der ersten Sekunde durchlaufen $= \frac{CT}{2}$.

Ferner, weil in einer gleichartigen Bewegung der Raum S gleich CT ist; so erhellet, daß der Raum AB in der Zeit T mit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung von einem schweren Punkte beschrieben die Hälfte desjenigen sey, welchen der nämliche Punkt mit der Geschwindigkeit C, die er am Ende der ersten Sekunde bey seiner beschleunigten Bewegung hat, in der zweyten Sekunde in einer gleichförmigen Bewegung beschreiben würde, wenn in dieser Zeit die Schwerkraft nicht wirkte.

Zus. 1. Der Raum BC ist also gleich 2 AB. Weil aber die Schwerkraft des Punktes A in der ganzen zweyten Sekunde nicht aufhört auf ihn zu wirken; so erhält er dadurch zu der schon erlangten einen neuen Zuwachs der Geschwindigkeit, mit welcher er in der zweyten Sekunde wieder einen neuen Raum beschreibt, welcher gleich ist dem Raume AB in der ersten Zeit. Hiemit besteht der ganze Raum, welcher in der zweyten Zeit gemacht wird, aus den Räumen $BC + CD = 3\,AB$.

Zus. 2. Folglich wäre der Raum, welcher in den zwoen ersten Sekunden beschrieben wird, gleich 4 AB.

Zus. 3. In der dritten Sekunde machte der Punkt A mit der Geschwindigkeit, welche er am Ende der zweyten Zeit hat, und jetzt noch einmal so groß ist, als in der ersten Zeit, blos wegen seiner Trägheit den Raum DE = 2BC. Weil aber wegen der fortdauernden beschleunigenden Schwerkraft der Raum EF = AB hinzukömmt: so wird er in der dritten Sekunde machen den Raum DF = DE + EF = 2BC + AB = 5AB.

Zus. 4. Folglich wäre der Raum, welcher in drey Sekunden beschrieben wird, gleich 9AB.

Zus. 5. Weil sich das nämliche auf die vierte, fünfte, sechste und jede folgende Zeit schließen läßt: so ist leicht aus der folgenden Tabelle zu ersehen, wie sich die Räume bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten.

Sekunden Zeit	Räume in jeden einzelnen Sekunden beschrieben.	Räume in zusammengenommenen Sekunden beschrieben.
1 —	— 1 —	— 1
2 —	— 3 —	— 4
3 —	— 5 —	— 9
4 —	— 7 —	— 16
5 —	— 9 —	— 25

Zus. 6. Aus dem vorhergehenden lassen sich zwey Gesetze für die gleichförmig beschleunigte Bewegung allgemein bestimmen.

I. Bey einer gleichförmig beschleunigten Bewegung sind die Räume, welche in verschiedenen zusammengenommenen Zeiten beschrieben werden, wie die Quadraten der Zeiten; oder auch, weil bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung T: t = C: c (§. 18. Zus. 1.) so wie die Quadraten der Geschwindigkeiten.

II. In einzelnen aufeinander folgenden Zeiten wachsen die Räume in arithmetischer Progression, wie die ungeraden Zahlen, 1, 3, 5, 7, 9, u. s. f.

Zus. 7. Da die beschriebenen Räume Wirkungen der beschleunigenden Kräfte sind: so wachsen sie auch, wie diese. Deswegen wenn man die beschleunigende Kraft V nennt, so ist S wie VT^2. In wie weit nun diese Größe V unveränderlich ist, kann sie in den Formeln weggelassen werden. Wo sie sich aber merklich verändert, wie z. B. in größern Entfernungen von der Erde, da muß sie hinzugesetzt werden.

Zusatz. 8. Weil die gleichförmig verminderte Bewegung als eine umgekehrte gleichförmig beschleunigte Bewegung kann angesehen werden: so folgt, daß, was von dieser gesagt ist worden, auch jener zukomme, wenn man die endliche Geschwindigkeit der beschleunigten Bewegung für die anfängliche Geschwindigkeit der verminderten Bewegung nimmt. Wenn daher ein aus einer gewissen Höhe herunterfallender Körper nach veränderter Richtung wieder senkrecht in die Höhe steiget, und sich zu bewegen anfängt mit der endlichen Geschwindigkeit der beschleunigten Bewegung, so kann er, wenn sonst nichts im Wege steht, durch eine gleichförmig verminderte Bewegung zu eben

der-

derselben Höhe hinaufsteigen, von welcher er herun-tergefallen ist.

§. 99.

Was oben §. 96. vorausgesetzt worden ist, daß nämlich die Schwere beständig mit gleicher Kraft auf die fallenden Körper wirke, und demnach ihre Bewegung gleichförmig beschleunigt werde, ist durch den Erfolg der Versuche bestättiget, welche Riccioli, Dechales und andere berühmte Naturforscher gemacht haben; obschon es nach der mathematischen Strenge betrachtet nicht ganz genau zutrift. Nach De Chales Beobachtungen macht der freyfallende Körper

1) in der ersten Sekunde $16\frac{1}{2}$ Schuhe.
2) in der ersten und zweyten Sekunde zusammen 60 Schuhe.
3) in der ersten, zweyten und dritten Sekunde zusammen 123 Schuhe.*

Daß

* De Chales, *stat.* L. 2. prop. 1. 9. — Riccioli, *almagest. nov.* L. 2. c. 21. beobachtete, daß eine zehn Unzen schwere Kugel von Letten in einer Sekunde 15, in zwoen 60, in dreyen 135, in vier 240 römische Schuhe tief falle. Pariser Beobachtungen kommen damit ziemlich nahe überein. Nach diesen wäre der Fall in der ersten Sek. 15 Sch. 1 Z. 2 1/18 L. u. s. w. Purchot, t. 2. s. 4. c. 9. Die genauesten Versuche scheint Desaguliers in der Kuppel der Paulus kirche zu London gemacht zu haben. S. Musschenbroek, *tent. exper. nat.* p. 2. *pag.* 118. *additam.*

Daß der Erfolg der Versuche bey mehrern Schriftstellern so verschieden angegeben wird, ist nicht nur alleine dem Widerstande der Luft zuzuschreiben, welcher in verschiede-

Daß aber die Erfahrungen mit der gegebenen Theorie nicht ganz vollkommen übereinstimmen, ist dem

schiedenen Zeiten und Orten gegen einerley Massen und Oberflächen der fallenden Körper veränderlich ist; sondern es kömmt auch sehr viel an auf die Genauigkeit im Beobachten und auf die Werkzeuge, welche zum Maße der Zeiten gebraucht werden.

Zur Erläuterung der gleichförmig verminderten Bewegung dient nach dem Maße Riccioli folgende Progreßion. Wenn z. B. eine Kraft vermögend wäre, einen Körper in einer jeden Sekunde 180 Schuhe hoch zu treiben: so würde er wegen der entgegen wirkenden Schwere folgende Bewegung machen:

1 Sek.	180 — 15	= 165
2 . .	180 — 45	= 135
3 . .	180 — 75	= 105
4 . .	180 — 105	= 75
5 . .	180 — 135	= 45
6 . .	180 — 165	= 15

Nach dieser Berechnung braucht der Körper so viel Zeit in die Höhe zu steigen, als herunter zu fallen; und so würde man aus der Hälfte des Quadrats der Zeit, welche er im Steigen und Fallen zubringt, die Höhe bemessen können. Weil bey schief geworfenen Körpern die Schwere eben die Wirkung macht, wie bey senkrecht fallenden Körpern: so läßt sich daraus die Anwendung auf das Werfen und Schießen machen. Musschenbroek *comment. in tent. Flor. p. 2. pag.* 115. *seq.* Die gleichförmige Beschleunigung hat ihre Gränzen. Denn bekanntlich widersteht die Luft, wie alle flüßige Körper, der Trennung ihrer Theile, und zwar um so mehr, je geschwinder der in ihr bewegte Körper auf sie wirket. In Bestimmung dieser Gränzen sind die Naturforscher nicht

dem Widerstande der Luft zuzuschreiben, welcher stärker oder schwächer seyn kann, nachdem die Masse ein größeres oder kleiners Verhältnis hat gegen ihre Oberfläche, welche der Luft entgegengesetzt ist. Daher kömmt es, daß unterschiedliche Körper mit verschiedener Geschwindigkeit herunterfallen, obschon alle nach unserm Augenmaße mit einer beynahe gleichförmig beschleunigten Bewegung fallen. Werden die Versuche in luftleeren Räumen gemacht, so fallen alle Kör-

nicht einig. De Chales setzt sie auf 200, Du Hamel auf 400 Schuhe, andere auf mehr oder weniger. Nach Verschiedenheit der Figur, der Masse, des Raums der Körper verglicheu mit der Dichtheit, Bewegung, Ruhe des flüßigen Körpers, in welchem dieselben fallen, müssen auch die Versuche und Beobachtungen, und die daraus gemachten Schlüsse verschieden seyn. *Vid.* Newton, *princ. math. L.* 2. *prop.* 40.

Wenn die beschleunigende Kraft nicht wäre: so würde die Bewegung der freyfallenden Körper unendlich langsam seyn. De Chales, *stat. L.* 2. *pr.* 22. theilt eine Sekunde, in welcher ein Körper 16 1/2 Schuhe fällt, in 16796160000000 Dezimen. Das Quadrat davon macht 282110990745600000000000000. Demnach verhält sich der in der Zeit einer Dezime gemachte Raum zu 16 1/2 Schuh in einer Sekunde, wie 1 zu der Zahl des gegebenen Quadrats. Wenn daher der Raum von 16 1/2 Schuhen in so viele Theile getheilt wird, als dieses Quadrat enthält: so würde in einer jeden Dezime nur eins solcher Theilchen gemacht werden, wenn die Bewegung nicht beschleuniget würde. Die Quadratzahl der Dezimen giebt mehr als 5 Millionen Jahre; und so viel Zeit brauchte in dieser Hypothese der Körper, bis er einen Raum von 16 1/2 Schuhen beschriebe.

Körper, obgleich sie an Masse oder am Umfange oder an beyden zugleich verschieden sind, mit gleicher Geschwindigkeit hinunter, wie in dem zweyten Theile der Physik bey Erklärung der Eigenschaften der Luft wird gezeigt werden. Endlich wie richtig die Theorie von der beschleunigten Bewegung sey, würde man alsdenn genauer wahrnehmen können, wenn man luftleere Räume hätte, die hoch genug wären.

III. Artikel.

Bewegung der Körper auf der schiefen Ebene.

§. 100.

Erfahrung. Es sey eine Sphäre D von ungefehr drey Pfunden auf einer schiefen Ebene, dessen Länge AC sey zur Höhe AB = 3 : 1. (Fig. 30.) Man hänge mittels eines Fadens auf einer Rolle E an die Sphäre D eine Masse P von einem Pfunde: so wird die Sphäre D nicht hinabsteigen, sondern ruhen. Wenn nun die Höhe der Fläche verringert wird, z. B. so, daß sie sey zur Länge, wie $\frac{1}{2}$ zu 3, und die Masse P sey = $\frac{1}{2}$ Pf.; so wird die Sphäre auch ruhen.

Zus. Da hier nichts anders ist, was die Sphäre vor dem Falle verhindert, als die schiefe Fläche und das angehängte Gewicht P; dieses aber in der ersten Angabe nur ein Pfund, in der andern nur ein halbes wiegt; so ist klar, daß das übrige Gewicht der

Sphäre von der schiefen Fläche unterstützt werde. Folglich unterstützt die schiefe Fläche einen Theil des darauf liegenden Körpers, und zwar um so mehr, je kleiner die Höhe derselben ist. Daher auch, wenn nach hinweggenommenem Gewichte P die Sphäre D auf der schiefen Fläche hinunterrollet, so geschieht dieses nicht nach der ganzen absoluten Kraft der Schwere, sondern nach dem Theile derselben, welcher die respektive Kraft, vis comparativa, pflegt genannt zu werden.

§. 101.

Indem alles, was schwer ist, eine Neigung hinabwärts äußert in einer auf den Horizont senkrechten Richtung:* so kann man die absolute Kraft der Kugel D schicklich vorstellen durch die Linie DH senkrecht auf BC. Wenn man sich aber vorstellt, als sey diese Kraft aufgelöst in DG, und DF = GH: so wird der Theil DG, weil er senkrecht auf die Fläche wirkt, ganz zernichtet durch die Gegenwirkung der Fläche; hiemit wird der Körper allein durch den Theil der absoluten Schwere DF = GH, welcher mit der Fläche parallel läuft, hinunter getrieben.

Zusatz. 1. Wo immer auf der schiefen Fläche die Kugel D steht, ist der Triangel DGH unveränderlich; folglich

* Wenn Körper, z. B. doppelte Kegel, Zylinder rc. sich auf der schiefen Ebene aufwärts wälzen, so ist dieses nur ein scheinbares Steigen, da sie eigentlich sinken. G. W. Krafft, explicatio de adscensu con. dupl. in altum. *comm. petr. T. 6. p.* 389. — Kästner, 1. B. der K. S. der Wiss. Gött. s. 113. — Desaguliers *V.* 1. *Lect.* 1. *ann.* 12.

folglich ist auch die respektive Kraft GH auf der ganzen Fläche beständig; und deswegen verursacht sie auch in gleichen Zeiten gleichen Zuwachs von Geschwindigkeit, so daß der Körper auf der schiefen Fläche in einer gleichförmig beschleunigten Bewegung hinuntergeht.

Zusatz. 2. Was also von der gleichförmig beschleunigten Bewegung insgemein bewiesen wird, ist auch auf den Fall der Körper auf einer schiefen Ebene anwendbar.

§. 102.

Lehrsatz. Die respektive Kraft, mit welcher die Kugel auf der schiefen Ebene hinunterrollet, verhält sich zu ihrer absoluten Kraft, wie die Höhe der Ebene zu ihrer Länge.

Denn die Triangel GDH und ABC sind einander ähnlich; hiemit ist GH:DH = AB:AC.

Zusatz. 1. Je größer die Höhe der schiefen Fläche ist gegen ihre Länge, desto geschwinder bewegt sich der Körper auf derselben hinunter.

Zusatz. 2. Da auch GH : GD = AB : BC; durch GH aber die respektive Kraft, uud durch DG derjenige Theil der Schwere ausgedruckt wird, welcher von der Gegenwirkung der Fläche aufgehoben wird: so ist auch jene Kraft zu dieser, wie die Höhe zur Grundlinie.

Zusatz. 3. Die respektive Kraft, mit welcher ein Körper auf verschiedenen schiefen Flächen hinuntergetrieben wird, ist überhaupt im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem Geraden der Höhen, und Verkehrten der Längen.

Denn

Denn wenn die absolute Schwere Φ heißt, die respektive V und v, die Länge der Fläche L und l, die Höhe A und a: so ist $V:\Phi = A:L$; und $v:\Phi = a:l$. Folglich $V = \frac{\Phi A}{L}$, und $v = \frac{\Phi a}{l}$. Hiemit auch $V:v = \frac{\Phi A}{L} : \frac{\Phi a}{l} = \frac{A}{L} : \frac{a}{l}$ (weil Φ unveränderlich) $= Al : aL$.

Anmerkung. Was hier von der Proportion der Räume, Geschwindigkeiten und Zeiten gesagt werden kann, wird weitläuftiger in der Mechanik abgehandelt.*

§. 103.

Der Gebrauch der schiefen Ebene ist sehr gemein. Bekannt sind die Arten der Fuhrleute, auf welche sie mittels der schiefen Fläche ihre Wägen laden und abladen; ferner wie sie die Gruben oder tiefen Gleise, in welchen die Räder versenkt stecken, vorwärts schief ausheben. Desgleichen sind bekannt die schiefen Unterlagen und Gestelle, auf welchen Fässer und andere schwere Läste in die Höhe oder hinunter gebracht werden. Hierher gehören auch die Bequemlichkeiten der Stiegen, Gerüste, Dächer und anderer Werke der Baukunst, denen das rechte Höhen- und Längenmaß sowohl Zierde als Dauer verschafft ꝛc.

IV. Ar-

* S. oben §. 74. — Keill, *introd. ad phys. Lect.* 15. — Galilæi, *Mechan. Dial.* 3. — Krafft, *praelect. p.* 2. *c.* 4.

IV. Artikel.

Bewegung der Pendel.

§. 104.

Erklärung. 1) Ein Pendel, pendulum, ist ein Gewicht A an einem Faden AD um einen fixen Punkt D dermaßen beweglich, daß es beym Hin- und Herschwingen einen Zirkelbogen beschreiben kann. Dieses Gewicht aber wird wie ein Punkt angesehen, und der Faden so, als hätte er keine Schwere. 2) Das Absteigen des Pendels durch BA, nachdem es aus seiner vertikalen Richtung von A in B ist gebracht worden, und das Aufsteigen durch AC heißen die Schwingungen, oscillationes. Eine ganze Schwingung ist, wodurch das Pendel von B auf C kömmt. Gleichzeitige Schwingungen, isochronae, werden diejenigen genannt, welche in gleichen Zeiten vollbracht werden, oder deren Anzahl in einer gegebenen Zeit gleich ist. 3) Der Mittelpunkt der Schwingung, centrum oscillationis, ist derjenige Punkt, in welchem man sich die ganze Masse des Pendels versammelt vorstellt.* 4) Die Entfernung des Mittelpunktes A von D, wo das Pendel aufgehängt ist, heißt die Länge, penduli longitudo.

§. 105.

Lehrs. Das um einen fixen Punkt D schwingende Pendel beschreibt einen Zirkelbogen.

Denn

* Was ein zusammengesetztes Pendel sey? wie der Mittelpunkt der Schwingung zu finden?

Denn das Gewicht A an einem fixen Punkte D hangend wird so bewegt, daß es in einem jeden Punkte der Linie BAC, die es beschreibt, allzeit gleichweit von dem Punkte D entfernt bleibt, da es von dem Faden oder der Stange AD, als Halbmesser betrachtet, verhindert wird, sich weiter zu entfernen.*

§. 106.

Lehrsatz. Das aus dem Ruhepunkte A auf B erhobene Pendel steigt in einer gleichförmig beschleunigten Bewegung durch AB hinab.

Der Bogen der krummen Linie BC kann angesehen werden, als bestehe er aus lauter geraden unendlich kleinen, unter einem unendlich kleinen Winkel mit einander vereinigten Linien, durch welche, wenn der Körper bewegt wird, er durch Veränderung der Richtung von seiner Geschwindigkeit nur eine unendlich kleine Größe der zweyten Ordnung verliert; wie in der Mechanik bewiesen wird. Folglich was von dem Falle der Körper auf der schiefen Fläche, es mag nur eine, oder mehrere unendlich kleine miteinander vereinigte seyn, bewiesen worden ist, (§. 101. Zus. 1.) kann auch auf den Bogen BA angewandt werden.

* Hier etwas von der Zykloid. Groeningii historia Cycloidis. — Gravesande, L. 1. c. 20. *de motu penduloum. schol.* 3. 4. *De motu in Cycloide; de centro oscillationis determinando.* — Joann. Bernoulli, *act. Lips.* 1697. p. 206. — Newton, *pr. math. t.* 2. *Sect.* 6. *de motu et resistentia corp. funipendulorum. t.* 1. *sect.* 10. *de funipendulorum motu reciproco.*

Zusatz 1. Wenn das Pendel durch den Bogen BA gefallen ist; so hat es in A soviel Geschwindigkeit, daß es nach geänderter Richtung den Bogen AC = AB hinaufsteigen könne. (§. (98. Zus. 8.) Deswegen wenn der Widerstand der Luft und das Reiben an D nicht wäre, könnten die Schwingungen des Pendels beständig fortgehen.

Zusatz. 2. Die Zeiten des Falls durch ähnliche Bögen zweener Zirkel verhalten sich gegeneinander, wie die Wurzeln dieser Bögen. (§. 98. Zus. 6. n. 1.)

Zusatz 3. Wenn also zwey Pendel D und C durch ähnliche Bögen DE und CB schwingen : (Fig. 32.) so sind auch die Zeiten der Schwingungen, wie die Wurzeln der Längen, oder der Halbmesser, wodurch die Bögen beschrieben werden. Wenn man demnach die Zeiten T und t nennt, die Längen L und l; so ist $T:t = \sqrt{L}:\sqrt{l}$, und $T^2:t^2 = L:l$.

Zusatz 4. Da bey der beschleunigten Bewegung der Raum im zusammengesetzten Verhältnisse aus der Kraft und dem Quadrate der Zeit ist: (§. 98. Zus. 7.) die Räume aber hier auch sind, wie die Bögen, diese wie die Halbmesser oder Längen des Pendels: so ist $T^2V = L$, und $T^2 = \frac{L}{V}$.

Zusatz. 5. Wenn man also zwey verschiedene Pendel mit einander vergleicht, so ist $T^2 : t^2 = \frac{L}{V} : \frac{l}{v} = Lv : lV$. Ist daher $T^2 = t^2$; so ist auch $Lv = lV$, und $V:v = L:l$; das ist, bey gleichzeitigen Pendeln sind die Schwerkräfte, wie die Längen der Pendeln.

Wenn daher die Schwerkräfte überall auf der Erde gleich sind: so müßen gleichzeitige Pendel von gleicher Länge seyn. Wenn aber gleichzeitige Pendel in unterschiedlichen Erdgegenden von ungleicher Länge befunden werden: so ist dieses ein Anzeigen, daß die Schwerkräfte an diesen Orten nicht die nämlichen, sondern verschieden seyn.

§. 107.

Lehrsatz. Die Anzahl der Schwingungen, welche Pendel von ungleicher Länge durch kleine Bögen zur nämlichen Zeit machen, ist im verkehrten Verhältnisse der Wurzeln der Längen; oder $N:n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$.

Denn es ist gewiß, daß die Zahl der Schwingungen desto kleiner sey, je größer die Zeit der einzelnen Schwingungen ist; oder $N:n = t:T$. Da aber $T:t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$; (§. 106. Zus. 3.) so ist auch $N:n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$.

§. 108.

Der Gebrauch der Pendel ist. 1) Messen wir dadurch genau die Zeit.* 2) Läßt sich bestimmen, was für einen Raum die freyfallenden Körper z. B. in einer

* Chr. Hugenii horologium oscillatorium. Paris. 1673. — Musschenbroek, *tent. ac. Flor. p.* 1. *pag.* 20. — Ej. *Introd.* §. 675. Von zufälliger Veränderung der Länge der Pendeln; wovon auch in den Abhandlungen der pariser Akademie 1741 zu lesen ist. — Euler, *Mech. t.* 2. *p.* 81. Von Pendeln mit größern Gewichten, die kleine Schwingungen machen.

ner Sekunde machen. 3) Durch Hilfe der Pendel ist entdeckt worden, daß die Schwerkraft der Körper nicht an allen Orten auf unserer Erdkugel gleich sey, sondern größer gegen die Pole zu, als gegen den Aequator. Denn in den Polarländern macht ein und das nämliche Pendel zu einerley Zeit mehr Schwingungen, als in den Gegenden des Aequators.* Auf die

* Richer hat dieses zuerst beobachtet, als er 1672 in Cayenne bey astronomischen Beobachtungen bemerkte, daß sein Pendel in einem jeden Tage bey 2 1/2 Min. langsamer gieng, als zu Paris. Maupertuis brauchte zu Pelli in Lappland, 66 Gr. 44. Min. nördlicher Breite, ein von Graham verfertigtes Pendel; und fand, daß es in einem Sterntage 58 Schwingungen mehr machte, als zu Paris. Hingegen beobachtete Champell in Jamaika, daß ein gleiches Instrument in gleicher Zeit 126 1/2 Schwingungen weniger machte, als Graham selbst zu London beobachtet hat. Daher können gleichzeitige Pendeln in merklich unterschiedenen Erdbreiten nicht von gleicher Länge seyn. Graham bestimmt sie zu London unterm 51 Gr. 31 Min. auf 440, 65; Mairan zu Paris unterm 48 Gr. 50 Min. auf 440, 57; Boschowich mit Le Seur und Jacquier zu Rom unterm 41 Gr. 44 Min. auf 440, 28.

Daß bey merklich vergrößerten Entfernungen von dem Mittelpunkte der Erde die Schwerkraft abnehme, beweisen die von Condamine und Bouguer gemachten Beobachtungen, da ein Pendel in 24 Stunden zu Quito 98740 Schwingungen machte; auf dem Berge Pichincha, 750 Toisen höher, nur 98720 Schwingungen; und am Ufer des Amazonenflußes zu Para, viel tiefer unter Quito, 98770 Schwingungen.

die nämliche Weise ist erfunden worden, daß die Schwerkraft der Körper vermindert werde, wie die Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde merklich vermehrt wird. 4. Die Lehre von den Pendeln dient zur Theorie der Musik. ꝛc.*

V. Artikel.

Bewegung aus dem Stoße der Körper.

§. 109.

Erklärung. Man sagt, die Körper stoßen aufeinander, wenn ein Körper seine Bewegung fortsetzen zu können einen andern, der entweder ruhet, oder auch in Bewegung ist, vor sich weg aus seiner Stelle zu treiben sucht. Dieses kann nach verschiedener Richtung geschehen.

Man stelle sich vor, zwischen den Kugeln A und B sey eine Fläche O P. (Fig. 33.) Wenn die Kugel A auf die Kugel B stößt in einer Richtung, welche auf die Fläche O P senkrecht geht, so ist es ein gerader

* Die Anwendung zum musikalischen Gebrauche zeigt Galiläus, *Mech. dial.* 1. p. 95. Ferner Loulier und D'Onzembray, *Mem.* de *l'acad.* 1732. — Sanctorius *in medicina statica* empfiehlt das Pendel, instrumentum sphygmicum, die Geschwindigkeit des Pulses zu bemerken. Schottus beschreibt dieses *in mag. nat. p.* 3. *pag.* 338. — Ricciolus war der erste, welcher das Pendel, ohne Uhrwerk, zu astronomischen Beobachtungen gebrauchte.

Stoß, conflictus directus; nach der Richtung E A heißt es ein schiefer Stoß, conflictus obliquus; sind die Richtungen einander entgegengesetzt: so giebt es einen entgegengesetzten Stoß, conflictus oppositus, der entweder gerad, oder schief seyn kann.

Ferner, wenn ein Körper auf den andern, der ruhet, oder langsamer vorausgeht, oder ihm entgegen läuft, so stößt, daß die Richtung gerade durch ihren Mittelpunkt der Schwere geht, so wird es ein Zentral-Stoß genannt.

§. 110.

Die stoßenden Körper können entweder hart, oder weich, oder elastisch seyn. Es giebt zwar keine Körper, welche vollkommen elastisch, hart oder weich sind; weil jedoch alle Körper etwas von diesen drey Eigenschaften haben, so wird es nicht unschicklich seyn, allgemeine Gesetze zu geben, nach welchen die Bewegung der harten, weichen, oder elastischen Körper geschieht. Denn nach denselben wird die Bewegung der Körper um so mehr eingerichtet seyn, je mehr oder weniger sie eine von den besagten Eigenschaften besitzen. Weiche und harte Körper werden wir unter dem Namen der unelastischen Körper begreifen.*

A.

* Was in diesem Artikel von der Mittheilung der Bewegung aus dem Zusammenstoße der Körper vorkömmt, davon hatte man vor Cartesius keine oder sehr unvollkommene Begriffe. Dieser hat zwar angefangen nach metaphysischen Gründen einige Naturgesetze aufzustellen, princ. p. 2. n. 46. etc. aber in manchem Punkte sehr fehler-

A.

Bewegung aus dem geraden Stoße unelastischer Körper.

§. 111.

Lehrsatz. Wenn ein unelastischer Körper A senkrecht auf einen andern unbeweglichen Körper B stößt: so wird der Körper A nach dem Stoße ruhen.

H 5 Indem

fehlerhaft. Glücklicher waren Wallisius, tract. de percussione, Oxon. 1669. Hugenius, de motu corp. ex percussione, *opp.* 2. *cl. t.* 2. Wrennus, philos. trans. n. 43. 46. Mariotte, de la percussion des corps. *oeuvr. t.* 1. Newton, *princ. schol. cor.* 6. *leg. mot.* 3. Keill, *introd. lect.* 13. 19. Die mariottische Maschine, Versuche zu machen, machina percussoria, hat Gravesande mit vielem Zugehöre vermehrt und beschrieben, *elem. phys. math.* L. 2. c. 2. p. 213. Einfacher und für Anfänger begreiflicher ist die nolletsche Verbesserung. 1. Th. 4. Vorles. Uiber die Reflexion hat de Lanis, *magist. t.* 1. *tr. L.* 3. *c.* 1. besondere Tabellen verfertigt. Aus diesen Schriftstellern ist hauptsächlich für Anfänger zusammen getragen, was in folgenden Sätzen enthalten ist. Uiberhaupt ist die Lehre vom Stoße der Körper sehr verwickelt; und selten stimmt die Erfahrung mit der strengern Theorie überein, weil die Körper nur hypothetisch so beschaffen sind, wie sie genannt werden. Die Mittheilung der Bewegung ist ein Phänomen, dessen Größe wir zwar bemessen können, obschon wir nicht wissen, wie eigentlich diese Mittheilung geschieht. Am leichtesten läßt es sich nach den Gesetzen der in dem Wesen der Körper liegenden Zurückstoßungskraft und der davon abhangenden Undurchdringlichkeit erklären. Kant, metaph. Naturw. 3 Hauptst. Mechanik.

Indem der Körper A senkrecht stößt auf den Körper B; so wirkt er mit seiner ganzen Kraft auf ihn; folglich wirkt auch der Körper B mit seiner ganzen Kraft zurücke. (§. 21.) Entgegengesetzte und gleiche Kräfte aber heben einander auf; daher kann auch in diesem Falle keine Bewegung erfolgen.

Zusatz 1. In diesem Falle ist die Geschwindigkeit des anstoßenden Körpers nach dem Stoße = 0.

Zusatz. 2. Wenn der Körper B zwar nicht unbeweglich; doch aber in Vergleichung seiner Masse gegen die Masse A außerordentlich groß ist: so ist es eben soviel, als wenn er unbeweglich wäre; hiemit wird auch der Körper A in diesem Falle nach dem Stoße ruhen.

§. 112.

Lehrs. Wenn ein unelastischer Körper A auf einen andern B, welcher entweder ruhet, oder in der nämlichen Richtung langsamer vorausgeht, senkrecht anstößt, und die Bewegung des anstoßenden durch den Stoß nicht erlöschet: (§. 111.) so werden beyde Körper nach dem Stoße miteinander fortbewegt, und zwar 1) in der nämlichen Richtung, 2) mit der nämlichen Geschwindigkeit, und 3) mit der nämlichen Größe der Bewegung, welche sie vor dem Stoße hatten.

Denn 1) Wenn vor dem Stoße beyde Körper einerley Richtung hatten: so muß diese auch nach dem Stoße bleiben, indem der vorgehende Körper von dem nachfolgenden nach eben der Richtung fortgetrieben wird. Hat aber der Körper B vor dem Stoße geruhet, so wird er von dem anstoßenden A nach der

Richtung in Bewegung gesetzt, nach welcher er selbst bewegt wird, indem hier keine Ursache ist, welche dieselbe verändere.

2) So lange der Körper B nicht die nämliche Geschwindigkeit hat, als der anstoßende A; wird er nicht aufhören, der Bewegung des Körpers A zu widerstehen. Damit also A seine Bewegung fortsetzen könne, muß die Geschwindigkeit dermaßen unter beyde Körper vertheilt werden, daß beyde nach dem Stoße eine und die nämliche Geschwindigkeit haben.

3) Wie viel Geschwindigkeit der Körper B durch den Stoß von A erhält, soviel verliert der Körper A; hiemit verliert auch dieser soviel von seiner Bewegung, als jener erhält. Folglich ist die Größe der Bewegung beyder Körper nach dem Stoße die nämliche, welche vor demselben war.

Zus. 1. Wenn des Körpers A Masse M, seine Geschwindigkeit C heißt; des Körpers B Masse m und die Geschwindigkeit c: so sind MC und mc die Größen der Bewegung vor dem Stoße. Weil nach dem Stoße die beyden Massen gemeinschaftliche Geschwindigkeit gleich ist: so ist, wenn man dieselbe y nennt, die Größe der Bewegung nach dem Stoße $= \overline{M + m} \times y$.

Zus. 2. Wenn beyde Körper vor dem Stoße nach einerley Richtuug bewegt werden, und die Masse m langsamer vorausgeht; so ist $MC + mc = \overline{M + m} \times y$; und die gesuchte Geschwindigkeit nach dem Stoße ist $y = \frac{MC + mc}{M + m}$, oder die gemein-

schaft-

schaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße ist gleich der Summe der Größen der Bewegung dividirt durch die Summe der Massen . . . Wenn auch der Zähler $MC + mc$ durch seinen Nenner $M + m$ wirklich divi-

dirt wird: so ist $y = C - \frac{m \times \overline{C - c}}{M + m}$; hiemit verliert

M durch den Stoß die Geschwindigkeit $\frac{m \times \overline{C - c}}{M + m}$.

Und wenn der Zähler $mc + MC$ durch $m + M$ divi-

dirt wird: so ist der Quotus $= c + \frac{M \times \overline{C - c}}{M + m}$

hiemit erhält m durch den Stoß eine Geschwindigkeit

$\frac{M \times \overline{C - c}}{M + m}$.

Zus. 3. Im Falle, wo die Masse m vor dem Stoße ruhet, ist $c = 0$; und $y = \frac{MC}{M + m}$, oder die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße ist gleich der Größe der Bewegung der anstoßenden Masse dividirt durch die beyden Massen.

§. 113.

Lehrs. Wenn zween unelastische Körper in gerade entgegengesetzten Richtungen mit gleichen Größen der Bewegung zusammenstoßen: so werden beyde nach dem Stöße ruhen.

In diesem Falle sind die Kräfte einander gleich und entgegengesetzt; heben einander auf, so daß keine Bewegung erfolgen kann.

§. 114.

§. 114.

Lehrsatz. Wenn aber unelastische Körper zwar in entgegengesetzten Richtungen, aber mit ungleichen Größen der Bewegung zusammenstoßen: so bewegen sich beyde nach der Richtung des stärkern mit einer Größe der Bewegung, welche gleich ist der Differenz der Größen, welche sie vor dem Stoße hatten.

Gesetzt, die Größe der Bewegung im schwächern Körper sey $= mc$, und die Differenz der Größen $= d$; so ist die Größe der Bewegung MC im stärkern $= mc + d$; nun aber mc und mc sind einander gleich und entgegengesetzt; folglich heben sie einander auf, und es bleibt nach dem Stoße nichts übrig als die Differenz d.

Zus. 1. In diesem Falle ist es eins und das nämliche, als wenn der schwächere Körper ruhete, und der stärkere mit der Differenz der Bewegung d auf ihn stieße; so giengen beyde nach dem Stoße mit einander fort, wie (§. 112.) gezeigt worden ist.

Zus. 2. Da der Unterschied der Größen der Bewegung d gefunden wird, wenn die Größe des schwächern von der Größe des stärkern abgezogen wird: so ist nach dem Zusammenstoße die Größe der Bewegung $= MC - mc$.

B.

Bewegung aus dem Zentralstoße elastischer Körper.

§. 115.

Bey dem Stoße elastischer Körper ist ein zweyfacher Zeitraum zu betrachten: der erste, in welchem

der

der Stoß und die Zusammenpressung geschieht; und der andere, in welchem die zusammengepreßten Theile sich wieder durch ihre Schnellkraft ausdehnen.

1) In dem ersten Zeitraume kömmt die Wirkung her vom Stoße, und verhält sich wie bey unelastischen Körpern. Z. B. wenn die Masse M auf die Masse m, welche entweder ruhet, oder langsamer voraus geht, stößt, und beyde Massen zusammengedruckt werden: so ist in dem Stande, oder in der Zeit der größten Zusammenpressung die Geschwindigkeit in beyden Massen gleich, und die Größe der Bewegung die nämliche, welche vor dem Stoße war. Demnach verhält es sich in diesem Zeitraume, wie bey unelastischen Körpern; und die Geschwindigkeit, welche die Masse m in der ersten Zeit erhält, ist $= \frac{MC - Mc}{M + m}$, jene aber, welche die Masse M zur nämlichen Zeit verliert, ist $= \frac{mC - mc}{M + m}$. (§. 112. Zus. 2.)

2) Da nun die zusammendrückende Kraft nachläßt, und die hintern Theile der Masse m in dem zweyten Zeitraume sich wieder ausdehnen: so wirken sie durch ihre Schnellkraft in einer entgegengesetzten Richtung auf die Masse M; hiemit wird auch die Geschwindigkeit dieser Masse M in dem zweyten Zeitraume vermindert. Dieser Verlust aber ist wieder $= \frac{mC - mc}{M + m}$; weil die Masse m, indem sie sich gegen die Masse M durch ihre Schnellkraft ausdehnt, mit solcher Kraft gegen die Masse M wirket, mit welcher diese zuvor bey der Zusammenpressung gegen die Masse

m

m gewirkt hat. Diese Wirkung der Masse M im ersten Zeitraume war so groß, als der Verlust an Geschwindigkeit gewesen ist, nämlich $\frac{mC - mc}{M + m}$. Folglich verliert die Masse M durch die Gegenwirkung der Masse m in dem zweyten Zeitraume von neuem eben so viel an ihrer Geschwindigkeit.

Hingegen gewinnt auch die Masse m in dem zweyten Zeitraume eine Geschwindigkeit $= \frac{MC - Mc}{M + m}$. Denn wie viel dieselbe in dem ersten Zeitraume gewonnen hat, mit so großer Kraft hatte die Masse M auf sie gewirket; und mit der nämlichen Kraft ward auch die Masse M damal zusammengedrückt. Da nun in dem zweyten Zeitraume die Masse M mit gleicher Kraft vermöge ihrer Elastizität sich wieder ausdehnt, so wirkt sie auf die Masse m in einer mit derselben übereinstimmenden Richtung; und deswegen erhält m einen neuen Zuwachs an Geschwindigkeit $= \frac{MC - Mc}{M + m}$.

Aus allem diesem erscheinet deutlich die Wahrheit folgender Sätze.

§. 116.

Lehrsatz. Wenn eine vollkommen elastische Masse M auf eine andere dergleichen m, welche langsamer vorausgeht, in gerader Richtung stößt: so erhält die Masse m noch soviel Geschwindigkeit, als sie erhalten hätte, wenn die beyden Massen unelastisch wären. Der Gewinn ist also $= \frac{2MC - 2Mc}{M + m}$

Hin-

Hingegen die Masse M verliert durch den nämlichen Stoß noch soviel Geschwindigkeit, als sie verloren hätte, wenn beyde Massen unelastisch wären. Hiemit ist der Verlust $= \frac{2mC - 2mc}{M + m}$.

Zus. 1. Daher ist 1) die Geschwindigkeit der vorhergehenden Masse m nach dem Stoße $= \frac{2MC - Mc + mc}{M + m}$.

Denn weil sie ihre vorige Geschwindigkeit $= c$ nach dem Stoße, wie ohnehin klar ist, behält: so ist ihre ganze Geschwindigkeit nach dem Stoße $= \frac{2MC - 2Mc}{M + m} + c = \frac{2MC - Mc + mc}{M + m}$.

Daher ist 2) die Geschwindigkeit der folgenden Masse M nach dem Stoße $= \frac{MC - mC + 2mc}{M + m}$.

Denn weil ihre Geschwindigkeit vor dem Stoße ist $= C$; so ist nach Abzuge des verlornen Theils die ganze Geschwindigkeit nach dem Stoße $= C - \left(\frac{2mC - 2mc}{M + m}\right) = \frac{MC - mC + 2mc}{M + m}$.

Zusatz. 2. Wenn $M = m$; so ist $M + m = 2M$, und $M - m = 0$. Deswegen wird die erste Formel im vorhergehenden Zusatze seyn $= C$, und die andere $= c$. Das ist, gleiche Massen verwechseln gegeneinander ihre Geschwindigkeiten. Z. B. wenn die Geschwindigkeit der vorhergehenden Masse A ist $= 2$; der folgenden B $= 6$; so werden beyde nach dem Stoße in der nämlichen Richtung, aber mit verwechselten Geschwindigkeiten fortgehen, nämlich A mit 6, B mit 2 Graden Geschwindigkeit.

Zusatz 3. Wenn die Masse m vor dem Stoße ruhet, ist ihre Geschwindigkeit $c = 0$; nach dem Stoße aber $= \frac{2 M C}{M + m}$; und die Geschwindigkeit der Masse $M = \frac{MC - mC}{M + m}$.*

Zus. 4. Wenn die Masse m unbeweglich ist, oder gegen die Masse M außerordentlich groß: so kann man sie als unendlich ansehen, in deren Vergleichung die Masse M verschwindet. In der vorhergehenden Formel $\frac{MC - mC}{M + m}$ ist $M = 0$. Deswegen wird in diesem Falle die Geschwindigkeit der Masse M seyn $= \frac{-mC}{m} = -C$; das ist, der elastische Körper wird mit der nämlichen Geschwindigkeit zurücke fahren, mit welcher er angefahren ist. **

C.

* Anwendung auf mehrere Kugeln von gleicher Masse, welche in einer geraden Linie liegen, und einander berühren. Wenn z. B. 12 in einer Reihe sind, und die erste mit einer gewissen Geschwindigkeit auf die zweyte stößt: so werden alle ruhen, bis auf die letzte, welche mit gleicher Geschwindigkeit bewegt wird. Stoßen zwo: so werden die zwo letztern in Bewegung gesetzt, u. s. w.
Ein besonderes Beyspiel von Körpern, deren Massen sich wie 2 : 1, u. s. w. verhalten, welches Hugenius *in opp. posth.* am Ende *de motu corp. ex percussione* angiebt, sieh in Lichtenbergs Anmerk. ad §. 131. b. der Erxleb. Naturl.

** Cfr. Erxleb. Naturlehre §§. 129. 130. neueste

 Auflage

C.

Bewegung aus dem schiefen Stoße.

§. 117.

Es seyn zwo gleiche Kugeln A und B; die eine A stoße auf die andere ruhende B in einer schiefen Richtung EA, und mit einer Kraft = AE. Die Mittelpunkte der Kugeln sollen liegen in der Linie FN; und auf diese ziehe man die senkrechte EF. (Fig. 33.) Man denke, die Kraft AE sey aufgelöst in EF und FA. Der Theil EF trägt nichts zum Stoße bey; aber der Theil FA macht einen geraden Stoß. (§. 87. Anm. 2.) Daher wird die Kugel B nach dem Stoße den Weg BN machen, nicht anders, als wenn die Kugel A allein durch die Kraft FA auf sie gestoßen wäre; die Kugel A aber wird die Geschwindigkeit, welche sie nach dem Stoße alsdenn hätte, wenn sie blos mit der Kraft FA gerade gestossen hätte, mit der übriggebliebenen Kraft EF vereinigen.

Zus. 1. Gesetzt, beyde Kugeln wären vollkommen elastisch: so verlöre die Kugel A durch den Stoß ihre ganze Geschwindigkeit FA; aber B erhielte gleiche Geschwindigkeit. (§. 116, Zus. 2. Deswegen gienge die Kugel A nach dem Stoße fort bloß nach der Richtung und Kraft AK = EF, welche durch den Stoß nicht gestört wird; aber die Kugel B nach BN = FA.

Zus.

Auflage, verbessert von Lichtenberg. — Biwald, p. 1. s. 3. art. 2. n. 81. cor. 5. — Gravesande l. 2. c. 6. n. 1086.

Zus. 2. Wenn ein harter Körper A schief fährt auf eine harte Ebene ED in der Richtung AB: (Fig. 34) so fährt sie nach dem Stoße fort durch den Raum BE. Denn die Bewegung durch AB kann aufgelöst werden in AG und AD, deren erstere AD durch die Gegenwirkung der Ebene zernichtet wird: die andere AG parallel mit BD ist nicht entgegengesetzt; bleibt also nach dem Stoße, und geht fort den Weg BE.

D.

Bewegung aus dem Stoße eines elastischen Körpers auf einen harten.

§. 118.

Lehrsatz. Wenn eine vollkommen elastische Kugel in einer senkrechten Richtung GB auf eine harte Ebene DE fährt: (Fig. 34.) so springt sie in der nämlichen Richtung und Geschwindigkeit zurücke, mit welcher sie angefahren ist.

Denn 1) die Zusammendrückung geschieht senkrecht: so muß auch die Wiederherstellung oder Ausdehnung der Theile auf eben diese Weise geschehen.

2) Die Zusammendrückung wird bewirkt durch die ganze Kraft, mit welcher der elastische Körper auf die Ebene fällt: (§. 87. Anm. 2.) die elastische Kraft aber ist der zusammendrückenden gleich; demnach muß auch der Körper mit der nämlichen Geschwindigkeit zurücke geprellt werden.

§. 119.

Lehrsatz. Wenn der nämliche Körper in einer schiefen Richtung AB auffällt, so springt er auch in einer schiefen Richtung BC = AB zurücke, so daß der Zurückprellungswinkel GBC dem Einfallswinkel ABG gleich ist.

Wenn die Bewegung durch AB betrachtet wird als zusammengesetzt aus der senkrechten Kraft AD und der parallelen AG gegen die Ebene DE: so wird die Kugel, so bald sie den Punkt B berührt, wieder von einer doppelten Kraft bewegt werden, nämlich von BG, welche von der Elastizität herkömmt, und von DB = BE, welche von der Kraft, mit welcher sie angefahren ist, noch übrig ist. Vermöge dieser zweyfachen Kraft BG und BE wird sie die Diagonal BC des Parallelogramms GBEC beschreiben. Ferner der Triangel ABG ist = GBC; hiemit auch AB = BC, und der Winkel ABG = GBC.

§. 120.

Wenn die Kugel nicht vollkommen elastisch ist: so wird sie etwa im Falle §. 118. zur Höhe Bg z. B. steigen, welche gegen BG, zu welcher eine vollkommen elastische Kugel kommen würde, im steten Verhältnisse derjenigen Kräfte seyn wird, welche sich bey Verlierung und Wiederherstellung der Figur ergeben; (das ist, weniger elastische Kugeln werden nicht so hoch zurücksteigen, als mehr elastische.) Im Falle §. 119. bey der übriggebliebenen Kraft DB=BE, und bey dem durch die unvollkommene Schnellkraft wieder erhalte-

haltenen Theile Bg von der Kraft BG, wird die Kugel nach der Richtung Bc zurückspringen; und der Zurückprellungswinkel wird größer seyn, als der Einfallswinkel.*

VI. Artikel.

Hindernisse der Bewegung.

§. 121.

Die Theorie von der Bewegung und dem Gleichgewichte ist bisher so vorgetragen worden, als wenn es gar keine Hindernisse gäbe; welches doch gegen alle Erfahrung ist. Daher kömmt es, daß die Ausübung nie vollkommen mit der Theorie übereinstimmt. Es sind aber hauptsächlich zwo Hindernisse der Bewegung, nämlich der Widerstand flüßiger Körper, resistentia medii, und das Reiben fester Körper, affrictus.

§. 122.

Erklärung. Unter **Mittelding**, medium, wird hier eine jede Flüßigkeit verstanden, durch welche ein Körper beweglich ist, z. B. Luft, Wasser rc.

Lehrs. Eine jede Flüßigkeit, wenn sie auch noch so fein und ruhig ist, verhindert die Bewegung der Körper, welche sich darinn befinden.

Ein jeder Körper ist undurchdringlich; daraus erfolget, daß der Körper A durch den andern B nicht könne bewegt werden, es sey denn, daß B von seinem Orte weiche. Daher geschieht es, daß das Mittelding B, wenn es aus seinem Orte soll vertrieben

* Sieh Hennert, Haarlemer Verhandel. 1 B. 1 St.

ben werden, vermöge seiner Trägheit der Bewegung des Körpers A widerstehet. Ein jeder Widerstand aber ist eine Hinderniß der Wirkung.

Zus. Daher wird die Geschwindigkeit eines Körpers, welcher sich in einem flüßigen Wesen bewegt, beständig vermindert, bis endlich alle Bewegung, wenn keine neue Kraft hinzukömmt, gänzlich aufhört.

§. 123.

Lehrsatz. Der größere oder kleinere Widerstand des Mitteldings hängt ab, 1) von der größern oder geringern Dichtheit desselben, 2) von seiner Zähigkeit, oder 3) von der größern oder kleinern Geschwindigkeit des bewegten Körpers selbst, oder 4) von dessen Oberfläche, und 5) von des beweglichen Körpers Stellung und Richtung gegen das Mittelding.

Denn 1) Je dichter die Flüßigkeit ist, desto mehr Materie muß aus dem Wege geräumt werden; hiemit ist auch der Widerstand stärker.

2) Da d en Zusammenhang der Theile zu trennen eine Kraft nothwendig ist: so muß diese um so stärker seyn, je stärker die Theile zusammen hangen.

3) Je geschwinder der Körper bewegt wird, desto mehr Theilchen stehen ihm in einer Zeit im Wege, davon ein jedes widersteht.

4) Je größer die Oberfläche des beweglichen Körpers ist, desto mehr Materie muß er in einer Zeit hinwegräumen.

5) Der Widerstand ist um so viel stärker oder schwächer, je mehr oder weniger senkrecht die Richtung eines Körpers gegen den andern geht.

Anmerk.

Anmerk. Was bisher gesagt worden ist, ist von dem ruhigen Mitteldinge zu verstehen. Denn wenn eine Flüßigkeit eine entgegengesetzte Bewegung hat, so ist der Widerstand stärker. Wenn die Flüßigkeit in der nämlichen Richtung bewegt wird, wie der darinn bewegte Körper: so wird das, dessen Geschwindigkeit größer ist, dem andern einen Theil seiner Kräfte mittheilen, und solcher Gestalten seine Bewegung befördern helfen. Wenn aber die Geschwindigkeit bey beyden gleich ist nach der nämlichen Richtung: so ist der Widerstand des Mitteldings für nichts zu achten.

§. 124.

Besondere Gesetze von dem Widerstande der flüßigen Körper werden in der angewandten Mathematik weitläuftiger erklärt.* So wird z. B. theoretisch erwiesen, und auch aus Versuchen mit der Luft und dem Wasser bestättiget:

1) Wenn die Oberfläche eines bewegten Körpers, welche einer ruhigen Flüßigkeit entgegen gestellt wird, eben und in einer senkrechten Richtung ist: so ist der Widerstand der Flüßigkeit, durch welche die Bewegung gehindert wird, in einem jeden Zeitpunkte so groß, als das Gewicht der flüßigen Säule, welche eine Grundfläche hat gleich der Oberfläche des entgegenstehenden bewegten Körpers; eine Höhe aber so groß, als seyn würde oder seyn muß die Höhe, von welcher der bewegliche Körper herunterfallen müßte, damit

* Newton, *princ. math. Lib.* 2. *s.* 1. 2. *etc.* — Gravesande; *phys. elem. math. L.* 3. *c.* 15. 16.

damit er eine solche Geschwindigkeit erlangte, mit welcher er wirklich gegen das flüßige Mittelding bewegt wird.

Zusatz. Weil die besagte Höhe ein mit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung durchlaufener Raum wäre; die Räume aber bey einer solchen Bewegung sind wie die Quadraten der Geschwindigkeiten: so folgt, daß der Widerstand in diesem Falle proportional sey dem Quadrate der Geschwindigkeit, wenn sonst alles gleich ist.

2) Wenn der in einer Flüßigkeit bewegte Körper kugelförmig ist: so erhellet, daß nicht alle Theile von der Oberfläche der Halbkugel, welche dem flüßigen Körper entgegensteht, senkrecht auf diesen wirken. Es wird aber in der angewandten Mathematik gezeiget, daß der Widerstand, welchen in diesem Falle die Sphäre von der Flüßigkeit leidet, die Hälfte sey von jenem, welcher seyn würde, wenn eine ebene Oberfläche, welche gleich wäre der größten Zirkelfläche dieser Sphäre, senkrecht gegen die Flüßigkeit bewegt würde. rc.

§. 125.

Erklärung. Rauh, asperum, nennt man einen Körper, wenn einige Theile auf der Oberfläche höher stehen, als die andern, und dadurch unterschiedliche Erhöhungen und Vertiefungen auf derselben verursachen.

§. 126.

Beobacht. Alle Körper, die wir kennen, auch die glattesten Oberflächen, sie mögen mit freyem Auge

oder

oder mit Vergrößerungsgläsern betrachtet werden, sind gewissermaßen rauh.

§. 127.

Erklär. Wenn ein Körper auf einem andern so bewegt wird, daß die hervorragenden Zähnchen des einen in die Grübchen des andern versenkt werden, so entsteht eine Reibung, frictio. Diese aber ist zweyerley, die glitschende, radens, und die walzende, volvens.

Die glitschende geschieht, wenn nach und nach die nämlichen Theile eines Körpers über verschiedene Theile eines andern wegglitschen, z. B. wenn ein ebener Körper über eine unbewegliche Ebene bewegt wird.

Eine walzende Reibung ist, wenn nach und nach verschiedene Theile eines Körpers auf verschiedenen Theilen eines andern bewegt werden, z. B. wenn eine Kugel auf einer Ebene hinrollet.

§. 128.

Lehrsatz. Eine jede Reibung hindert die Bewegung.

Denn da die Erhabenheiten eines Körpers in die Vertiefungen des andern eingreifen, so widerstehen die Theile einander, und dieser Widerstand kann ohne Anwendung einer besondern Kraft nicht überwunden werden; entweder muß der eine Körper etwas erhoben, oder die Erhabenheiten müßen abgerissen oder wenigstens gebogen werden.

§. 129.

Lehrs. Die glitschende Reibung hindert gewöhnlich mehr, als die walzende.

Denn bey der glitschenden Bewegung geschieht eine wechselseitige Berührung der Oberflächen, und zwar zur nämlichen Zeit in vielmehr Punkten, als bey der walzenden. Dabey fassen mehrere Erhabenheiten zugleich in mehrere Vertiefungen. Demnach sind zu gleichen Zeiten mehrere Hindernisse zu überwinden, wenn die Bewegung fortgehen soll.

§. 130.

Allgemeine Regeln über die Reibung sind bisher noch nicht gegeben worden, werden sich auch nie wohl geben lassen. Denn die Grösse der Reibung hängt von solchen Zuständen der Körper ab, die schwer untereinander zu vergleichen sind; z. B. von der Figur des Körpers, von der Gestalt der Zähnchen, von der Verschiedenheit der Grübchen, von der Steife, Schnellkraft, Weichheit, Härte, Trockenheit der Körper, u. s. m. Es ist zwar wahr und aus Erfahrungen bewiesen, daß die Reibung gewöhnlich größer sey, wenn 1) das Gewicht und der Druck des Körpers größer ist, welcher auf einem andern bewegt wird; 2) wenn die glitschenden Oberflächen größer werden; daß aber die Reibung, bey übrigen gleichen Umständen, sich gerade verhalte, wie die Oberflächen, oder daß sie gleich sey dem dritten Theile des Druckes, wie einige behauptet haben,* ist durch folgende Versuche, welche

Muschen-

* Amontons bestimmt die Reibung nach 1/3 der Last; Parent

Muſſchenbroek angeſtellt hat, als falſch befunden worden.*

§. 131.

Tannenholz 1 Zoll breit, 13 Zoll lang wurde bewegt auf einem andern Holze, ſo, daß die Fibern auf-

Parent nach 7/20. *Mem. de l'acad. des ſc.* 1699. 1703. Bülfinger, *comm. ac. petrop.* t. 2. p. 403. ungefehr 1/4. Amontons war auch der erſte, welcher behauptete, daß bey dem Reiben nicht auf die Größe der Oberfläche zu achten ſey. Leibnitz iſt damit einſtimmig; dagegen ſind Sturm miſc. berol. 1710. p. 294, und Nollet 1. Th. 3. Vorl. und andere mehr. Käſtner hält es hauptſächlich mit Amontons; ſeine Lehre vom Reiben iſt kurz und gründlich abgefaßt p. 100. Th. 2. Abth. 1. math. Anfangsgr. umſtändlicher im 3. Abſchn. der höhern Mechanik. — Belidor, archit. hydr. t. 1. p. 1. l. 2. c. 2. — Lambert, ſur le frottement, en tant qu'il rallentit le mouvement. *Nouv. mem. de l' ac. de Pruſſe.* 1772. 76. — De Camus, traité des forces mouvantes. Par. 1722. — Meiſter, de aberratione attritus a lege inertiæ. *comm. nov. ſoc. ſc. Goetting.* 1769. - 70. — M. Metternich, diſſert. de frictione. Erford. 1786. — Vince, über die Bewegung der dem Reiben unterworfenen Körper. *philos. trans.* 75. 1785. Gothaer Magazin für das neueſte aus der Phyſik. 4. B. 1. St. S. 144. — Theorie et pratique des reſiſtances des ſolides dans leurs frottements. par M. l' abbé Ximenes. Piſe 1782.

* Inſtitutiones phyſicæ C. 9.

aufeinander parallel liefen; und zwar erstens auf Tannenholze, hernach auf Buxbaumholze.

Darauf gelegtes Gewicht.	Größe der Reibung. Tannen = auf Tannenholz.	Tannen = auf Buxbaumholz.
4 Unzen — — —	— — — — 8 Dr.	— — — — 6 Dr.
6 — — — — —	— — — — 11.	— — — — 8.
8 — — — — —	— — — — 15.	— — — — 9.
10 — — — — —	— — — — 17.	— — — — 11.
12 — — — — —	— — — — 22.	— — — — 13.
14 — — — — —	— — — — 25.	— — — — 16.
16 — — — — —	— — — — 28.	— — — — 20.
18 — — — — —	— — — — 31.	— — — — 23.
3 tt. — — — —	8 Unz. — 6 Dr.	6 Unz. — 4 Dr.
4 — — — — —	12 — — — 6.	9 — — — 4.
5 — — — — —	13 — — — 4.	12 — — — 0.
6 — — — — —	16 — — — 4.	12 — — — 4.
7 — — — — —	20 — — — 0.	14 — — — 0.
8 — — — — —	24 — — — 0.	16 — — — 0.
10 — — — — —	26 — — — 0.	20 — — — 4.

Eichenholz von der nämlichen Länge und Breite wurde nach der Länge der Fibern erstens auf Eichen- hernach auf Buxbaumholze bewegt. Der Druck oder das Gewicht war das nämliche, wie bey dem vorhergehenden Versuche.

Druck.	Größe der Reibung. Eichen = auf Eichenholz.	Eichen = auf Buxbaumholz.
4 Unz. —	— — — 6 Dr.	— — 6 Dr.
6 — — —	— — — 8.	— — 8.
8 — — —	— — — 10.	— — 10.
10 — — —	— — — 12.	— — 11.
12 — — —	— — — 15.	— — 12.

14

14 — — —	— — — 17.	— — 14.
16 — — —	— — — 21.	— — 16.
18 — — —	— — — 25.	— — 18.
3 tt. — —	— — — 11 Unz.	— — 5 Unz.
4 — — —	— — — 14.	— — 7.
5 — — —	— — — 15.	— — 9.
6 — — —	— — — 17.	— — 10.
7 — — —	— — — 20.	— — 13.
8 — — —	— — — 23.	— — 15.
10 — — —	— — — 29.	— — 19.

§. 132.

Aus den vorhergehenden Versuchen lassen sich folgende Bemerkungen ziehen.

1) Nach dem ersten Versuche war die Größe der Reibung des Tannenholzes auf Tannenholze $= \frac{1}{4}$ Gewicht oder Druck, indem 8 Dr. : 4 Unz. $= \frac{1}{4} : 1$. In den folgenden Versuchen hat zwar bey vermehrtem Gewichte auch die Reibung zugenommen; aber das Verhältniß zwischen dieser und jenem war geringer, als $\frac{1}{4} : 1$. Folglich ist kein stetes Verhältniß zwischen dem Drucke und der Reibung des Tannenholzes auf Tannenholze.

2) Die Reibung des Tannenholzes mit Buxbaumholze war anfänglich $= \frac{1}{5}$ Druck: hernach bey vermehrtem Gewichte $= \frac{1}{6}$ auch $\frac{1}{7}$ und endlich $\frac{1}{8}$.

3) Das Verhältniß zwischen dem Drucke und der Reibung des Eichenholzes mit Eichenholze war auch nicht beständig, sondern wurde bey verstärktem Drucke geringer. Dabey ist noch zu bemerken, daß in den ersten Versuchen, bey welchen nicht soviel Ge-

wicht

wicht aufgelegt war, als in den letzten, die Reibung zwar geringer gewesen sey, als die Reibung des Tannenholzes mit Tannenholze; aber in den letzten Versuchen, bey welchen mehr Gewicht aufgelegt war, ist das Reiben etwas stärker worden, als jenes beym Tannenholze, obschon auch das nämliche Gewicht gebraucht wurde.

4) Das Reiben des Eichenholzes mit Buxbaumholze war anfänglich schier das nämliche, wie beym Tannenholze mit Buxbaumholze; wurde aber nachgehends vermindert.*

§. 133.

Wenn bey den vorher gemeldeten Versuchen die Hölzer so aufeinander gelegt werden, daß die Lage der Fibern des untern und obern Holzes nicht parallel ist: so wird die Reibung sehr vermehrt.

§. 134.

Daß bey vergrößerten Oberflächen der Körper, die aufeinander hinglitschen, die Reibung zwar vermehrt werde, aber nicht im geraden Verhältnisse der Oberflächen ist schon oben gesagt worden, und aus folgenden Versuchen deutlich abzunehmen, wenn man sie mit jenen §. 131. vergleichet. Es wurde nämlich

* Da bey öfterer Wiederholung der Versuche mit den nämlichen Hölzern die Oberflächen gar leicht verändert werden, indem durch Hin- und Herreiben, und durch den verschiedenen Druck bald rauhe Theilchen hinweg gehen, bald neue hervor kommen: so läßt sich nichts sicher entscheiden.

lich Tannenholz $2\frac{11}{12}$ Zoll breit, und 13 Zoll lang auf Tannen- und Buxbaumholze, wie oben geschehen, bewegt.

Gewicht oder Druck.	Reibung Tannen-auf Tannenholz.	Reibung Tannen-auf Buxbaumholz.
6 Unz. — —	— — 14 Dr.	— 10 Dr.
8. — — —	— — 18.	— 12.
10. — — —	— — 22.	— 15.
12. — — —	— — 26.	— 16.
14. — — —	— — 32.	— 18.
16. — — —	— — 36.	— 22.
18. — — —	— — 40.	— 24.
3 tt. — —	— — 12 Unz.	— 8 Unz. 4 Dr.
4. — — —	— — 16.	— 11. — 4
5. — — —	— — 23.	— 13.
6. — — —	— — 40.	— 15.
7. — — —	— — 41.	— 17.
8. — — —	— — 43.	— 20.
10. — — —	— — 43.	— 27.

§. 135.

Die Reibung der Metalle hat Mußchenbroeck mittels einer Maschine untersucht, (Fig. 35.) die er zu dem Ende Tribometrum, Reibemesser, genannt hat.*

Es war ein hölzerner Zylinder AB, dessen Durchmesser 4 Zoll hatte. Die Axe war von gehärtetem Stahle, und hatte an den äußersten Theilen DD $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser; an den Theilen CC näher am Zylinder $\frac{1}{2}$ Zoll, um mit einem und dem nämlichen In-

* Unterschied zwischen diesem und dem Nolletischen Reibemesser.

Instrumente erforschen zu können, ob bey der dickern oder bey der dünnern Axe eine größere Reibung entstünde. Die Axe war beyderseits in DD und CC sehr glatt geschliffen, und konnte in verschiedene hölzerne oder metallene halbzirkelförmige wohl geschliffene Pfannen gelegt werden. Um den Zylinder gieng ein Strick, an dessen Enden P und Q beyderseits gleiche Gewichte hiengen, damit durch Vermehrung oder Verminderung derselben der Druck auf die Pfannen vermehrt oder vermindert werden konnte. Endlich an einem Theile des Zylinders hieng eine Wagschale R, auf welche kleine Gewichte, die den Zylinder um die Axe bewegten, konnten gelegt werden. Die folgende Tabelle zeigt den Erfolg von den Versuchen, bey welchen die dünnern Axen DD gebraucht worden sind.

I. Die Pfannen, worinn die Axen lagen, waren von Guajakaholze.

In P und Q war kein Gewicht.	Gewicht in R.	Reibung gegen das Gewicht.
	10 Dr. —	1 : 2 2/5
Beyderseits in P und Q		
1 tt. —	12 —	1 : 3 1/5
2 tt. —	14 —	1 : 4
3 tt. —	20 —	1 : 3 3/5

II. Die Pfannen, worinn die Axen lagen, waren von gehärtetem Stahle.

Gewichte in P und Q.	Gewicht in R.	Reibung gegen das Gewicht.
0 —	— 6 Dr. —	1 : 4.
1 tt. —	— 11 —	1 : 3 7/11
2 tt. —	— 17 —	1 : 3 5/17
3 tt. —	— 21 —	1 : 3 9/20

III.

III. Die Pfannen, worinn die Axen lagen, waren von Zinn.

Gewichte in P und Q.	Gewicht in R.	Reibung gegen das Gewicht.
0 —	— 6 Dr. —	1 : 4.
1 tt. —	— 11 —	1 : 3 7/11
2 tt. —	— 18 —	1 : 3 1/9
3 tt. —	— 22 —	1 : 3 1/10

IV. Bleyerne Pfannen.

Gewichte in P und Q.	Gewicht in R.	Reibung gegen das Gewicht.
0 —	— 4 Dr. —	1 : 6.
1 tt. —	— 7 —	1 : 5 5/7
2 tt. —	— 8 —	1 : 7.
3 tt. —	— 10 —	1 : 7 2/5

V. Kupferne Pfannen.

Gewichte in P und Q.	Gewicht in R.	Reibung gegen das Gewicht.
0 —	— 4 Dr. —	1 : 6.
1 tt. —	— 8 —	1 : 5.
2 tt. —	— 12 —	1 : 4 2/4
3 tt. —	— 15 —	1 : 4 11/17

VI. Meßingene Pfannen.

Gewichte in P und Q.	Gewicht in R.	Reibung gegen das Gewicht.
0 —	— 4 Dr. —	1 : 6.
1 tt. —	— 6 —	1 : 6 2/3
2 tt. —	— 8 —	1 : 7
3 tt. —	— 10 —	1 : 7 1/10

§. 136.

Damit obige Verſuche und der Erfolg davon wohl verſtanden werden, iſt auf folgendes zu merken. 1) Das Gewicht in R, von welchem die Reibung der Axe in der Pfanne zu überwinden iſt, hängt an der Peripherie des Zylinders; und die Reibung entſteht an der Peripherie der Axe DD. 2) Der Durchmeſſer des Zylinders und der Axe DD ſind unter ſich $= 4 : \frac{1}{4} = 16 : 1$. Daher iſt das Moment der Kraft in R ſechszehnmal größer, als das Moment der Reibung; und wenn man annimmt, daß die Reibung = F; ſo iſt $16 : 1 = F : R$; und $F = 16R$. 3) Der ganze Druck der Axe auf die Pfanne iſt = P + Q + 3 Pf., weil die ganze Maſchine 3 Pf. wieget. 4) Wenn daher die Summe der Gewichte P + Q + 3 Pf. dividirt wird durch 16 R; ſo erhält man das Verhältniß, welches zwiſchen der Reibung und dem Gewichte iſt.

So iſt z. B. in dem erſten Verſuche R = 10 Dr. 16 R = 160 Dr. . . P + Q = 0; hiemit P + Q + 3 Pf. = 384 Dr.; und $\frac{384}{160} = 2^2$. In dem zweyten Verſuche iſt R = 12 Dr. . . . 16 R — 192 Dr. . . . P + Q + 3 Pf. — 5 Pf. = 640 Dr. und $\frac{640}{192} = 3\frac{1}{3}$; u. ſ. w.

§. 137.

Aus dieſen Verſuchen wird geſchloſſen, 1) daß die geringſte Reibung Stahl auf Meſſing mache, eine größere auf Bley, alsdenn auf Kupfer, Guajakaholz, Stahl, Zinn. 2) Daß zwar bey vermehrtem Drucke die Reibung vermehrt werde; aber nicht im geraden Verhältniſſe des vermehrten Drucks.

§. 138.

§. 138.

Zur Verminderung der Reibung trägt bey, 1) wenn die Oberflächen glatt gemacht werden; 2) wenn sie vermindert werden; 3) wenn Oel oder ein anderer fetter Körper dazwischen gebracht wird, wodurch die Vertiefungen ausgefüllt werden; 4) wenn ungleichartige Körper aufeinander bewegt werden. So reiben Kupfer und Stahl weniger einander, als Kupfer und Kupfer, Stahl und Stahl; 5) wenn die glitschende Bewegung in eine walzende verändert wird.*

§. 139.

* Vitruv. perralt. L. 10. c. 6. p. 306. it. Machines approuvées par l'acad. roy. t. 1. p. 13. — J. Rowe, all forts of Wheelcarriage. Lond. 1734.

Eigentlich ist auf einer Horizontalebene nur die Reibung zu überwinden, wenn ein Körper in einer Horizontalrichtung fortgezogen werden soll. s. Kästner, Statik 149 u. f. Was also das Moment der Reibung vermindert, erleichtert die Bewegung. Obgleich aber dieselbe eine allgemeine Hinderniß der Bewegung ist: so ist sie doch auch sehr vortheilhaft, und oft nothwendig. Ohne Reibung hätten wir gewöhnlich keinen festen Fußtritt, besonders auf schiefen Flächen. Das Hemmen der Fuhrwerke auf gähen Wegen, die feste Stellung der Schrauben, willkürliche Bewegungen und Stellungen der Wellen, Scheiben, Räder durch darüber gezogene Seile, das Feilen, Schleifen, Poliren, Sägen, Bürsten, Kehren, und gewisser Maßen das Waschen, Erwärmen ꝛc. geschieht durch das Reiben.

Auch der Widerstand, den flüßige Körper leisten, da andere in ihnen bewegt werden, gewährt viel Nutzen. Das Fliegen und Schwimmen der Thiere, die Bewe-

§. 139.

Beym Gebrauche der Maschinen ist unter andern auch oft eine Hinderniß der Widerstand der Stricke, welche gebogen werden müßen. Diese widerstehen aber um so mehr, wenn sie um einen Zylinder oder um eine Rolle gewunden werden, je kleiner der Durchmesser des Zylinders oder der Rolle ist. 2) Je dicker und steifer die Stricke sind, desto mehr Kraft ist vonnöthen, dieselben zu biegen; deswegen sind auch neue Stricke, die gewöhnlich mehr gespannt und starr sind, nicht so dienlich, als andere, welche durch den Gebrauch schon etwas abgerieben, nachgiebiger und biegsamer sind. 3) Je geschwinder die Bewegung einer Maschine ist, in desto kürzerer Zeit muß der Strick gebogen werden; und daher ist es auch beschwerlicher. Aus diesem ist leicht abzunehmen, auf was Art diese Hindernisse können vermindert werden.*

Hydro-

gung der Schiffe durch das Rudern, die Zerstreuung und der ungleiche Fall der Körper in der Luft, die Fortpflanzung des Schalls u. s. w. werden dadurch möglich.

* Amontons, *mem. de l'ac.* 1699. und Desaguliers, *experim. phil. vol.* 1. *lect.* 4. untersuchen sorgfältig diesen Widerstand.

Hydrostatik.

I. Artikel.

Von dem Gleichgewichte flüßiger unelastischer Körper unter sich selbst.

§. 140.

Vorerinnerung. Da hier gehandelt wird von dem Drucke flüßiger Körper, so ist die Rede von demjenigen Drucke, welcher allein von ihrer Schwere entsteht. Es wird nämlich keine Rücksicht genommen auf andere körperliche Eigenschaften, welche diesen Druck entweder vermehren oder vermindern könnten; es wird hier nicht gesehen auf die Elastizität, nicht auf den Zusammenhang der flüßigen Theile unter sich, nicht auf die Anhängung an andere Körper.*

§. 141.

Erklärung. Röhren, welche so miteinander vereinigt sind, daß ein flüßiger Körper aus einer in die andere frey übergehen kann, heißen tubi communicantes. Dergleichen Röhren können beyde von gleichem oder ungleichem Umfange seyn; beyde können senk-

* In der Hydrostatik wird nur die todte Kraft untersucht. s. §. 22. Anmerk. Oft übertrifft der Druck das Gewicht des flüßigen Körpers. S. §. 147. Zus. 1. In diesem Falle muß, wie bey dem Hebel, das Moment der Masse von der absoluten Schwere derselben unterschieden werden. Krafft, *Hydrost. n.* 101.

senkrecht, schief oder krumm; oder eine davon kann gerad, die andere schief oder krumm seyn. Gleichförmig oder ungleichförmig, vas uniforme, vel difforme, heißt ein Gefäß, wenn alle seine mit dem Boden parallele Durchschnitte gleich, z. B. zylindrische Gefäße, oder ungleich sind. Das Ungleichförmige geht entweder aufwärts von dem Boden enger zusammen, und heißt convergens; oder es erweitert sich allmälig, und wird divergens genannt.

§. 142.

Beobachtung. Wenn ein flüßiger Körper z. B. Wasser in einem Gefäße ruhet, so ist seine Oberfläche mit dem Horizonte parallel; und umkehrt, wenn die Oberfläche eines flüßigen Körpers mit dem Horizonte parallel steht, so ruhet er.

Anmerk. Man bemerket zwar, daß Wasser und andere Flüßigkeiten an den Seiten der Gefäße, in welchen sie enthalten sind, etwas in die Höhe steigen; das geschieht aber nur an den Seiten, und in weiten Gefäßen erstreckt sich diese Krümme nicht weit von der Seite, so daß die ganze Oberfläche als parallel mit dem Horizonte angesehen werden kann. Die Ursache dieses Aufsteigens wird an seinem Orte gegeben.*

§. 143.

Lehrs. Die obern Theile eines flüßigen Körpers drucken durch ihr Gewicht auf die untern.

Alle

* Vid. §. 216. — Kästner, Hydrostatik. §. 8.

Alle und jede Theile sind schwer; und haben also ein Gewicht, welches ihrer Masse proportional ist, auf was für einem Orte sie immer sind. Durch dieses Gewicht drucken die Obern beständig auf die Untern, nach dem allgemeinen durch die tägliche Erfahrung bestättigten Gesetze der Schwere.

Zus. Die flüßigen Körper sind daher auch schwer an ihrem eigenthümlichen Orte, z. B. Wasser im Wasser, Luft in der Luft, welches vor Zeiten von einigen ist geläugnet worden.*

§. 144.

Erfahr. Am Boden eines gläsernen Zylinders CDEH mache man eine Oeffnung B, in welche die gläserne Röhre BA wohl einpasse. (Fig. 36.) Die untere Oeffnung B schließe man mit einem Korkstopfen; gieße langsam Wasser in die Röhre A, und bemerke die Höhe des Wassers, bey welcher der Stopfen herausgestoßen wird. Wenn man hernach die Röhre AB hinwegnimmt; die Oeffnung, wie zuvor verstopfet; und in das größere Gefäß CDEH Wasser gießt: so wird man sehen, daß das Wasser darinn eben so hoch stehen müße, bis der Stopfen herausgetrieben werde.

Weil der Stopfen herausgestoßen wird, nachdem die Wassersäule in beyden Fällen eine und die nämliche Höhe hat: so wirkt sie auch mit gleicher Kraft,

* Aristoteles und viele nach ihm behaupteten, daß die Elemente an ihrem eigenthümlichen Orte ihre Schwere gleichsam ablegten. Schottus, *Mag. hydrost. p.* 430.

Kraft, ob sie in der Röhre A B von der übrigen Wassermasse abgesondert, oder mit derselben vereiniget ist.

Lehrs. Eine jede Säule eines flüßigen Körpers äußert ihre Druckkraft für sich besonders, oder ohne Verbindung mit der übrigen Masse.

Da die Theile der flüßigen Körper sehr wenig unter sich zusammenhangen; so ist leicht zu begreifen, wie eine Säule, unabhängig von der andern, drucke.

Anmerk. Damit man sich einen deutlichen Begriff von dieser Wirkung flüßiger Körper machen möge, so stellt Nollet* die in einem Gefäße enthaltene Masse vor, als sey sie in eine gewisse Anzahl gleicher Säulen abgetheilt. Aus Anschauung der Figur erhellet, daß die Säule 3, wenn der Boden des Gefäßes in A geöffnet wird, (Fig. 37.) durch diese Oeffnung dergestalt ausfließe, daß sie zwischen den Säulen 2 und 4, welche über B und C stehen, ablaufe. Weil aber die flüßigen Körper aus sehr feinen und leicht beweglichen Theilen bestehen, so geschieht es, daß, indem die obersten Theile der Säulen 2, 1, 4, 5, weil sie nicht mehr unterstützt werden, abfließen, so nach und nach die Höhe der ganzen flüßigen Masse vermindert werde, obschon nichts als durch die Oeffnung A ausläuft. Wenn die flüßigen Theilchen etwas stärker zusammenhangen, wie bey klebrichten und zähen Flüßigkeiten, oder wenn das Gefäß sehr groß ist: so nimmt die obere Fläche der Flüßigkeit eine trichterförmige Figur an; weil die Seitentheile

* 2 Th. 4 Vorles. 1 Abschnitt.

tentheile nicht schnell genug an den Ort beyfließen, von welchem der Ablauf ist.

§. 145.

Erfahr. Man nehme eine gläserne Röhre A, die oben und unten offen ist; (Fig. 38.) halte die untere Mündung mit dem Finger zu, und tauche sie in ein Gefäß mit Wasser ein. Sobald man den Finger hinwegzieht, steigt das Wasser in der Röhre hinauf, so hoch, als es außer derselben in dem Gefäße steht.

Das nämliche läßt sich an den Röhren B, C, D, wie an der Röhre A, beobachten. Wenn man in das Gefäß noch mehr Wasser gießet, so steigt es in den Röhren eben so hoch, als außer denselben.

Wenn wir auf diese und dergleichen Erscheinungen aufmerksam sind, so schließen wir leicht daraus, daß das Wasser, welches die untere Mündung der Röhre A berührt, nicht in derselben hinaufstiege, wenn es nicht von den andern Theilen in die Höhe getrieben würde. Eben so geht der Druck in der Röhre C auf die Seite, und in der Röhre D schief; in allen aber ist der Druck gleich, indem das Wasser in allen Röhren gleiche Höhe nimmt.

Lehrs. Die flüßigen Körper drucken allenthalben hin gleichartig, in die Höhe, hinunter, auf die Seiten, gerade und schief, so daß ein jedes Theilchen zur Zeit des Gleichgewichtes in seiner Horizontalebene, in welcher es liegt, von allen Seiten her gleichen Druck empfindet.

Weil die flüßigen Körper aus sehr feinen und auf allen Seiten hin leicht beweglichen Theilchen beste-

hen, so werden diese nicht ruhen, wenn sie nicht von allen Seiten her gleichartig zusammengedruckt werden, und auch selbst auf alle Seiten hin zurückwirken. Gesetzt der Druck bey flüßigen Körpern, wenn sie ruhen oder still stehen, wäre nicht allenthalben gleich: so müßten alsobald einige Theilchen sich gegen jene Seite bewegen, wo weniger Druck ist; hiemit ruhete der Körper zu gleicher Zeit, und ruhete nicht.

§. 146.

Lehrsatz. Wenn das Wasser in gekrümmten vereinigten Röhren gleich hoch steht, so ist Gleichgewicht; die Röhren mögen eine Figur oder Weite haben, wie sie wollen.

Die Wahrheit dieses Satzes ist aus der beständigen Erfahrung bewiesen; und unter keiner andern Bedingung kann das Wasser in einer gebogenen Röhre ruhig oder im Gleichgewichte seyn, als wenn es in beyden Schenkeln gleich hoch steht. Denn wir können uns das Wasser DEIKMGH (Fig. 39) in dergleichen Röhren vorstellen als einen Theil der ganzen Masse deikgmhL in dem Gefäße L. (Fig. 40.) Denn was die Wassertheilchen eikg in dem Gefäße L thun, daß nämlich die Lage des Wassers dei und hgk bleibe; das nämliche leisten die Wände EIKG bey den gekrümmten vereinigten Röhren. Das Wasser aber im Gefäße L ruhet, wenn die Oberfläche in einer Horizontalebene deghi ist; (§. 142.) folglich ist es auch ruhig in der gekrümmten Röhre, wenn die Oberfläche DEGH horizontal ist; und dieses wird

beobach=

beobachtet, so oft das Wasser in beyden Schenkeln gleich hoch steht.*

Zusatz 1. Wenn also das Wasser in gekrümmten Röhren wagerecht steht, so ist Gleichgewicht zwischen dem Wasser in dem einen und in dem andern Schenkel. Denn obschon in dem weitern Schenkel GH mehr Wasser ist; so wirkt es doch nicht ganz auf das Wasser in dem engern Schenkel DE; sondern nur jene Säule in der weitern Röhre druckt gegen die Wassersäule in der engern, welche dieser in dem vertikalen Durchschnitte CP entgegensteht. Der Druck der übrigen Säulen geht auf den Boden und auf die Seiten des weitern Schenkels. Beyde Säulen aber haben in dem vertikalen Durchschnitte eine gemeinschaftliche Basis; folglich erleiden auch beyde gleichen Druck, wenn das Wasser beyderseits in gleicher Höhe steht.

Zusatz. 2. Wenn statt einer senkrechten Röhre eine schiefe, oder wie immer gebogene und gewundene gebraucht wird, läßt sich das nämliche beobachten.

Zusatz. 3. Die Wasserfläche KM wird so stark von der Säule DEI in die Höhe, als von der Säule GHKM hinuntergedruckt. (Fig. 39. Man denke, die Fläche KM sey eine bewegliche Horizontalebene; so wird diese von dem darauf liegenden Wasser, welches wegen seiner Schwere sinken will, hinuntergedruckt. Aber auch das Wasser in dem andern Schenkel

* Anwendung auf Wasserwagen, Libellæ hydrostaticæ, Horizontal-Linien zu führen. Poliniere, experiences de physique,

kel bestrebt sich wegen seiner Schwere zu sinken; und wenn es wirklich sinket, so treibt es die Ebene KM in die Höhe. Folglich wird KM von einer doppelten Kraft nach entgegengesetzten Richtungen gedruckt; da aber alle Theile der flüßigen Masse in beyden Schenkeln ruhig sind, so muß der Druck gleich seyn.

Zusatz. 4. Wenn das Wasser unter der Erde z. B. in Gebirgen sich sammelt, und von da aus Gänge antrifft, welche auf Art einer gekrümmten Röhre miteinander vereinigt sind; so kann es an einem niedrigern Orte ausbrechen, und auf solche Weise in weit entferntern Gegenden fließende Bronnen machen.

§. 147.

Aufgabe. Den Druck eines flüßigen Körpers auf den Boden eines Gefäßes zu bestimmen, was immer eine Figur oder Stellung das Gefäß habe.

Auflös. Die Röhre GHKM sey ein aufrecht stehender Zylinder. (Fig. 41.) Indem eine jede in diesem Zylinder enthaltene Wassersäule vermöge ihrer ganzen Schwerkraft eine senkrechte Neigung hinunter zu äußert; so druckt auch eine jede nach ihrer ganzen Schwerkraft auf einen unter ihr liegenden Theil des Bodens. Hiemit wird der ganze Boden durch die Kraft aller Säulen oder der ganzen Wassermasse gedruckt. Aber die Masse des Wassers und einer jeden gleichartigen Flüßigkeit ist, wie der Raum, den sie einnimmt; und dieser ist bey gleichförmigen Körpern, wie ihre Grundfläche mit der Höhe multiplizirt; folglich ist der Druck in dem Gefäße $GHKM = KM \times GK$.

Man stelle sich ferner vor, der Boden KM sey beweglich oder eine Wasserfläche, und die Röhre GH KM sey mit der Röhre DEF vereiniget. Wenn die Oberfläche des Wassers in einer Horizontalebene DE GH liegt: so ist der Druck, mit welchem KM von dem Wasser in die Röhre DEF aufwärts getrieben wird, gleich dem Drucke, mit welchem KM von dem Wasser in der Röhre GHKM hinunterwärts getrieben wird; (§. 146. Zus. 3.) folglich wie KM × GK.

Auch bleibt der nämliche Druck in dem linken Schenkel DEF, und ist gleich dem Drucke des Wassers in dem rechten Schenkel; die Figur abKM sey, wie sie wolle, wenn nur die Oberfläche in der Ebene DEGH ist. (§. 146.) Folglich ist auch der Druck des Wassers in dem Gefäße abKM, wie die Grundfläche multiplizirt mit der Höhe.

Zus. 1. Gleiche Böden werden von einem darauf stehenden flüßigen Körper gleich gedruckt, wenn nur dieser gleiche Höhe hat, das Gefäß mag gleichförmig oder ungleichförmig seyn; obschon etwa in einem gleichförmigen Gefäße eine größere Menge Wasser ist, als in einem ungleichförmigen, welches die nämliche Grundfläche und Höhe hat. Denn so groß die Kraft ist, mit welcher die Säule DE in dem oben verengerten Gefäße auf den Boden druckt; (Fig. 42.) mit eben so großer Kraft druckt auch die kleinere Säule Fy. Denn weil die Flüßigkeiten auf alle Seiten und zwar in einem jeden Abschnitte gleichartig drucken: daher kömmt es, daß das Theilchen X, mit der nämlichen Kraft, mit welcher es von der obern Reihe hinunter zu gedruckt wird, seitwärts drucke auf das nächst

daran=

daran liegende, und dieses auf Y. Demnach druckt auch das Theilchen Y auf FY mit solcher Kraft, als wenn die Reihe DM gerade auf ihm läge. Der nämliche Beweis gilt von den übrigen kleinern Säulen.

Zus. 2. Wenn die nämliche Grundfläche bleibt, so ist der Druck im geraden Verhältnisse der verschiedenen Höhen.

Zus. 3. Wenn mit dem weiten Zylinder FED an der Seite eine längere Röhre AC vereinigt wird; (Fig. 43.) und das ganze Gefäß ACDEF mit Wasser angefüllt, in FE aber mit einem Deckel verschlossen ist: so wird zwar das Wasser zwischen B und C mit dem in DEF enthaltenen im Gleichgewichte seyn; die Säule AB aber wird mit solcher Kraft auf den Deckel EF wirken, als jener Wassersäule zukömmt, welche eine Grundfläche FE und die Höhe der Röhre AB hat. Deswegen wenn statt des Deckels FE eine Thierblase oder Haut gebraucht wird: so wird dieselbe ungemein sehr ausgedehnt.

Anmerk. Diese Maschine wird von ihrem Erfinder Herrn von Wolf der anatomische Heber, Sipho anatomicus, genannt, weil mittels derselben die Natur und Eigenschaften der Membranen, Blasen, Häute rc. untersucht werden können. Auf diese Weise lassen sich auch die Häutchen, aus welchen eine Membrane besteht, leicht voneinander trennen. Herr v. Wolf hat auch beobachtet, daß das Wasser durch seinen gewaltsamen Druck nicht durch die Blase dringe, wenn ihre innere Fläche dem Wasserdrucke entgegengesetzt wird, welches aber geschieht bey Entgegensetzung der äußern Fläche.*

Zus.

* Der gewaltsame Druck einer obschon kleinen Menge Wassers

Zus. 4. Wenn gesucht wird, was für einem Gewichte der Druck einer gewissen Flüßigkeit in dem anatomischen Heber gleich sey, so multiplizire man das Produkt aus der Grundfläche und der Höhe, gegeben in Kubikschuhen, mit dem Gewichte, welches die Flüßigkeit unter dem Raume eines Kubikschuhes hat. Z. B. Wenn in dem anatomischen Heber der Deckel FE hätte 2 Quadratschuhe, und die Höhe AB wäre 20 Schuhe; so wäre der Druck auf den Deckel so groß, als eine Wassersäule von 40 Kubikschuhen verursachte. Da nun ein Kubikschuh Brunnenwasser ungefehr 64 tt. wiegt, so wäre der Druck $= 40 \times 64$ tt. Eine so große Wirkung kann wenig Wasser verursachen; denn es gilt gleich, ob ein Kubikschuh oder mehr oder weniger Wasser im Heber ist, weil alles blos auf die Höhe AB und die Grundfläche FE ankömmt.

Zus. 5. Wenn die Axe des Zylinders AB gegen den Horizont geneigt ist; aber auf die Grundfläche DB senkrecht geht: (Fig. 44.) so ist der Druck des flüßigen Körpers auf die Grundfläche BD in dem Zylinder AB gleich dem Drucke, welcher ist in einem Zylinder AC, der mit dem vorhergehenden gleiche Grundfläche und gleiche Höhe hat. Denn der Boden des schiefen Gefäßes wird in diesem Falle gedruckt

Wassers erhellt aus den großen Gewichten, welche mittels dieser Maschine in die Höhe gehoben werden. S. §. 140. Anmerk. — Wolff, phyſ. elem. math. p. 415. *elem. hydroſt.* p. 331. Von dem anatomischen Heber schreibt besonders Langguth, Anatom. et Bot. Prof. Vitemberg. 1746. — Graveſande, follis hydroſtaticus.

druckt blos durch die respektive Kraft des flüßigen Körpers. Es ist aber, wenn man die gemeinschaftliche Grundfläche $= b$ nennt, wie die Länge der Seite AB zur Höhe AC, so die absolute Kraft zur respektiven, mit welcher der Boden in der Röhre AB gedruckt wird; das ist, $AB : AC = AB \times b : \frac{AC \times b \times AB}{AB} = AC \times b$. (nach der Theorie der schiefen Ebene.) Mit der nämlichen Kraft wird der Boden des Gefäßes AC gedruckt, welches die nämliche Höhe und Grundfläche hat.

Anmerk. In dem erweiterten Gefäße äußert sich die Kraft des flüßigen Theils MIR gar nicht auf den Boden RS. (Fig. 45.) Denn bey MIR sind zween Theile der Schwere zn betrachten; einer, mit welchem die Flüßigkeit die Seite MR drückt; der andere, mit welchem sie auf eben dieser Seite abzulaufen sich bestrebt. Der erste Theil wird von der Seite MR, der andere von dem flüßigen Zylinder IRSK unterstützt, ohne daß der Druck davon auf den Boden RS gehe. Hingegen in dem schief stehenden Gefäße (Fig. 44.) wird die absolute Kraft OE des Wasserkügelchen O (das nämliche ist von den übrigen zu verstehen) in zwo Kräfte aufgelöst, deren eine OF zernichtet wird von der Ebene der schiefen Wand; die andere OL entladet sich ganz auf den Boden, indem sie auf diesen in einer der schiefen Ebene parallelen Richtung zielet.*

§. 148.

* Newton, *princ. phil. nat. L. 2. prop. 20.* — Dan. Bernoulli, *Hydrodyn. sect. 2.* — Hermann, *phoronom. L. 2.*

§. 148.

Aufgabe. Den Druck zu bestimmen, (Fig. 37.) welchen ein Seitentheil oder eine Seitenfläche in einem jeden Gefäße von einem flüßigen Körper erträgt.

Aufl. Man stelle sich 1.) vor ein flüßiges Theilchen R, liegend an dem Seitenpunkte D. Mit der nämlichen Kraft, mit welcher das Theilchen R von der obern Reihe hinunter zu gedruckt wird, druckt es auch in der Richtung RD seitwärts auf den Punkt D. (§. 145.)

2.) Die Kraft, mit welcher das Theilchen R hinunter gedruckt wird, verhält sich allzeit, wie das Gewicht der oben draufstehenden Reihe oder Säule der flüßigen Theile, das Gefäß mag weit oder eng seyn; hiemit ist auch diese Kraft, wie die Höhe der Säule; folglich ist auch der Druck, welchen der Seitenpunkt D erleidet, wie die Höhe der über ihm stehenden Flüßigkeit. (§§. 145. 147.)

3.) Was von dem Punkte D wahr ist, kann von einem jeden andern Seitenpunkte gesagt werden. Demnach verhält sich der Druck, welchen ein Seitentheil in einem Gefäße erleidet, wie die Anzahl der Punkte dieses Theils, oder wie seine Grundfläche multiplizirt mit der Höhe der über ihm stehenden Flüßigkeit.

Anmerk. Weil nicht alle Punkte der angenommenen Seitenfläche eine und die nämliche Höhe haben: so darf man diese Regel in der Ausübung nur von der Mittelhöhe verstehen, welche sich auf den Schwerpunkt der angenommenen Seitenfläche bezieht.

Zus. Wenn die Höhe des Wassers groß ist, so werden die Seiten eines Gefäßes, die Dämme an

Flüssen, die Röhren an Wasserleitungen u. s. w. dermaßen gewaltsam gedruckt, daß sie oft, obschon sie sonst stark sind, durchbrochen werden.*

§. 149.

Erfahrung. Man mache an einer gekrümmten Röhre EC gleiche Abtheilungen, (Fig. 46.) und fülle sie mit Wasser bis in A und F; alsdenn gieße man in E Quecksilber hinein: so wird man sehen, daß das Wasser von A gegen B herunter falle, hingegen im andern Schenkel C hinaufsteige; und beyde Flüßigkeiten nicht ehender ruhen, bis das Wasser im Schenkel CD vierzehnmal höher stehe, als das Quecksilber in EB.

Lehrs. Wenn die Höhen ungleichartiger flüßiger Körper in gekrümmten mit einander vereinigten Röhren im umgekehrten Verhältnisse der spezifischen Schweren sind, so ist Gleichgewicht da. Oder wenn ungleichartige flüßige Körper in gekrümmten Röhren im Gleichgewichte stehen, so sind ihre Höhen im verkehrten Verhältnisse der spezifischen Schweren.

Indem die spezifische Schwere des Wassers zur spezifischen Schwere des Quecksilbers ist wie 1 zu 14; und

* Daraus folgt, daß z. B. ein kubisches Gefäß von gleicher Länge, Breite und Tiefe von einem darinn enthaltenen flüßigen Körper dreymal mehr Druck erleide am Boden und an den Seiten zusammen, als an dem Boden alleine. Daher sagt Musschenbroek, *instit. phys.* §. 784. Kaltes und festes Wachs in einem kubischen Gefäße wirkt weniger auf alle Seiten des Gefäßes, als wenn es flüßig ist. — Krafft Dissert. de hydrostat. principiis gener. §. 7.

und Gleichgewicht nicht statt hat, wo nicht die Höhe des Wassers zur Höhe des Quecksilbers in den vereinigten Röhren ist, wie 14 zu 1; oder wie die spezifische Schwere des Quecksilbers zu jener des Wassers: so liegt die Wahrheit vom Wasser und Quecksilber am Tage. Weil aber ebenderselbe Erfolg auch bey andern heterogenen Flüßigkeiten bemerkt wird, so ist der Lehrsatz allgemein wahr.

Ferner 1.) die Schwere der Körper in der Röhre EB sey = G; in der Röhre DC aber = g; die gemeinschaftliche Grundfläche, auf welche beyde Flüßigkeiten drucken, sey b; die Höhen AB und CD. Wenn diese Höhen sind im verkehrten Verhältnisse der spezifischen Schweren: so ist AB : CD = g : G. folglich ABG = CDg. Aber ABG und CDg sind die Momente, mit welchen die gemeinschaftliche Grundfläche gedruckt wird, weil der Druck der Flüßigkeit in der Röhre AB = AB × b × G; und der Druck in CD = CD × b × g. (§. 29.) Da nun ABG = CDg; so ist Gleichgewicht, wenn AB : CD = g : G.

2.) Da der Druck im Schenkel AB = AB × b × G; und der Druck im Schenkel CD = CD × b × g: so muß seyn AB × b × G = CD × b × g, wenn Gleichgewicht ist. Daher ist auch im zweyten Falle AB : CD = g : G, wenn ungleichartige Flüßigkeiten im Gleichgewichte stehen.*

II. Ar-

* Zus. Von ungleichartigen flüßigen Körpern, die sich beysammen in einem Gefäße befinden, und sich nicht vermischen, so daß die schwerern die untere, die leichtern

die

II. Artikel.

Vom Gleichgewichte flüßiger unelastischer Körper mit festen, die sich darinn befinden.

§. 150.

Erfahr. 1. Wenn ein fester Körper, welcher spezifisch leichter ist als der flüßige, ganz in diesen eingetaucht wird, so muß eine gewisse Kraft z. B. mit der Hand angewandt werden, daß er nicht in die Höhe steige.

Erfahr. 2. Wenn ein fester Körper, welcher spezifisch schwerer ist, als der flüßige, aus dem Grunde desselben an einem Stricke in die Höhe gezogen wird: so bemerkt man, daß, so lange der feste Körper noch unter dem flüßigen ist, keine so große Kraft nöthig sey, ihn zu halten oder heraufzuziehen, als wenn er wirklich außer dem flüßigen sich befindet.

Erfahr. 3. Ein fester Körper, welcher mit dem flüßigen einerley spezifische Schwere hat, bleibt in demselben an einem jeden Orte ruhig liegen, wo er immer hingelegt wird.

Zus. Alle feste Körper, sie mögen eine Schwere haben, wie sie wollen, werden von den flüßigen Kör-

die obere Lage wieder einnehmen, wenn sie durch einander geschüttelt werden. Beyspiel hievon von den sogenannten vier Elementen. Kirstenius, Med. Prof. Altorff. dissert. de repraesentatione quatuor elementorum in vitro 1746.

Körpern aufwärts gedruckt, wie in folgendem weiter wird erwiesen werden.*

§. 151.

Lehrsatz. Wenn ein fester Körper in einen flüßigen eingetaucht ist, so ist die Kraft, mit welcher derselbe von dem flüßigen aufwärts gedruckt wird, dem Gewichte der flüßigen Masse gleich, welche den von dem festen eingenommenen Raum ausfüllen könnte.

Denn wäre der Raum, welchen der feste Körper in dem flüßigen einnimmt, von dem flüßigen selbst ausgefüllt: so wäre dieser Theil mit der ganzen flüßigen Masse im Gleichgewichte. (§. 145.) Folglich drückte die ganze Masse mit einer Kraft auf diesen Theil, welche gleich wäre dem Gewichte desselben. Wenn nun statt dessen ein fester Körper an seinen Platz gelegt wird, so muß dieser mit ebenderselben Kraft von dem flüßigen Körper, der ihn umgiebt, aufwärts gedruckt werden.

Zusatz. 1. Ist der eingetauchte feste Körper spezifisch schwerer, als der flüßige: so verliert er so viel von seinem Gewichte, als der flüßige wiegt, welcher den nämlichen Raum einnimmt.**

* Situla, hydria Helmontii, und das unstatthafte principium hylarchicum, welches H. Morus behauptet, *Enchirid. metaph. c.* 13. Hievon handelt umständlich Sturmius *coll. cur. p.* 2. *tent.* 12.

** Körper von gleicher Größe, aber ungleicher Schwere verlieren in einerley flüßigen Materie gleichviel von ihrem Gewichte. Wenn Körper von gleichem Gewichte, aber

Zusatz. 2. Ein fester Körper fällt in dem flüßigen auf den Grund, wenn dieser spezifisch leichter ist, als jener. Ein spezifisch schwererer Körper hat unter einem bestimmten Raume mehr Gewicht, als der leichtere; durch die Wirkung des flüßigen aber wird nur so viel Gewicht unterstützt, als der flüßige selbst unter dem nämlichen Raume wiegt. Es bleibt also bey dem festen Körper noch ein Uibergewicht, Kraft dessen er auf den Grund sinket.

Zusatz. 3. Ein fester spezifisch schwererer Körper fällt in dem flüßigen mit geringerer Kraft, als er fallen würde in einem leeren Raume. Denn das ganze Gewicht des festen Körpers sey = P; das Gewicht des flüßigen unter gleichem Raume = M; so ist die Kraft, mit welcher der feste im flüßigen fällt = P—M; im leeren Raume aber fiele er frey mit der ganzen Kraft = P.

Zusatz. 4. Damit ein fester Körper von dem Sinken abgehalten werde, braucht man nur eine Kraft anzuwenden, welche im Stande ist, das Uibergewicht zu überwinden.

Zusatz. 5. Ein flüßiger spezifisch schwererer Körper hat unter gleichem Raume mehr Gewicht, als der spezifisch leichtere; hiemit verliert auch der feste Körper mehr von seinem Gewichte in jenem, als in diesem. Daraus läßt sich erklären 1) warum Körper unter

aber von ungleicher Größe eingetaucht werden: so verliert derjenige mehr, welcher den größern Raum einnimmt. Wenn die flüßige Materie durchaus gleichartig ist: so verliert ein Körper nicht mehr oder weniger, ob er tief oder weniger versenkt wird.

unter gleichem Raume *, wenn sie in der Luft im Gleichgewichte waren, dasselbe verlieren, sobald sie in Flüßigkeiten von verschiedener Schwere eingetaucht werden. 2) Warum Schiffe, welche aus dem Meere in Flüsse oder süßes Wasser einlaufen, tiefer ins Wasser gehen.

Zusatz 6. Weil die Luft ein flüßiger Körper ist, obschon leichter, als die meisten andern; deswegen ist auch das Gewicht der Körper, welche in der freyen Luft gewogen werden, nicht ihr wahres absolutes Gewicht, sondern nur das respektive. Denn alle verlieren soviel, als die Luft selbst unter gleichem Raume genommen schwer ist. Demnach verlieren diejenigen Körper, welche einen größern Raum einnehmen, auch mehr von ihrem absoluten Gewichte.

§. 152.

Erfahrung. Man hänge an einen Wagbalken ein Gefäß mit Wasser, und tauche in dasselbe einen metallenen Zylinder hangend an einem Pferdshaare, und so mit der Hand gehalten, daß der Zylinder zwar ganz unter Wasser komme, aber weder den Boden weder die Seiten des Gefäßes berühre. Hernach lege

* Wenn die eigenthümlichen Schweren flüßiger Materien, in welche feste Körper von gleichem Gewichte, aber von ungleicher Größe eingetaucht werden, im geraden Verhältnisse sind mit den eigenthümlichen Schweren der festen Körper: so bleibt Gleichgewicht, wenn der größere in die leichtere, der kleinere in die schwerere flüßige Materie eingetaucht wird.

lege man auf die andere Wagschale soviel Gewicht, daß alles im Gleichgewichte stehe. Zieht man den Zylinder aus dem Wasser, so wird auf der Stelle das Gleichgewicht gestört; aber auch alsobald wieder hergestellt, wenn so viel Wasser in das Gefäß gegossen wird, als in den Raum geht, welchen der Zylinder eingenommen hatte.

Aus diesem Versuche ist offenbar, daß durch herausnehmung des Zylinders soviel Gewicht dem Wasser benommen werde, als das Gewicht des Wassers unter gleichem Raume beträgt, und der Zylinder unter dem Wasser verloren hatte. Folglich war der Theil des Gewichts, welchen der Zylinder unter dem Wasser verloren hatte, dem Wasser zugewachsen.

Lehrsatz. Der Theil des absoluten Gewichtes, welchen ein fester spezifisch schwererer Körper, wenn er in einen flüßigen eingetaucht ist, verliert, wächst dem Gewichte des flüßigen zu.

In der That, derjenige Theil, welchen der feste Körper verliert, wird von dem flüßigen unterstützet; und ist als ein Theil desselben anzusehen, welcher mit ihm gleich druckt.

Zus. Daraus läßt sich eine wunderbare Erscheinung erklären. Wenn ein Gefäß mit Wasser auf einer Wagschale steht, an deren Arme eine bleyerne in das Wasser eingetauchte Kugel an einem Faden hängt, und mit dem Gewichte der andern Wagschale im Gleichgewichte ist; so wird nach abgeschnittenem Faden die Schale, worauf das Gefäß ist, in die Höhe steigen, so lange als die Kugel durch das Wasser fällt. Nachdem aber die Kugel auf den Boden gekommen ist,

ist, stellt sich das vorige Gleichgewicht wieder ein. Nämlich derjenige Theil des Gewichtes der Kugel, welcher über das Gewicht des Wassers unter gleichem Raume ist, wird weder von der Wage, weder von dem Wasser unterstützet, sondern ganz auf das Niedersinken verwendet; deswegen hat auch jetzt die entgegengesetzte Wagschale das Uibergewicht. Nachdem aber die Kugel auf den Boden gesunken ist, wird jener Theil des Gewichtes von dem Boden des Gefäßes unterstützt, wie er zuvor von dem Faden gehalten wurde; deswegen kehrt auch das vorige Gleichgewicht zurücke.*

§. 153.

Lehrs. Ein fester Körper, welcher einerley spezifische Schwere mit dem flüßigen hat, versenkt sich zwar ganz in dem flüßigen; bleibt aber überall in demselben ruhig liegen.

Denn die Säule, welche aus dem flüßigen und festen Körper besteht, muß mit den übrigen Gleichgewicht

* Rob. Hocke soll zuerst, schon im J. 1662. diesen Versuch gemacht haben. *Vid.* Muffchenbroek, *essai de physique p.* 132. — Ramazzini wandte denselben an auf Leibnizens Behauptung, daß das Queckfilber im Barometer deswegen beym Regenwetter niedriger stünde, weil die Dünste, indem sie durch die Luft fallen, auf dieselbe nicht drückten. Desaguliers Zweifel dagegen s. in *Transact. philos.* J. 1717. Diesen begegnete G. H. Raft in dissert. Regiom. 1719. Explicatio leibnitiana mutationis barometri adserta.

gewicht halten, welches nicht geschehen würde, wenn ein Theil des festen Körpers über dem flüßigen hervorragte; deßwegen versenkt er sich ganz. Zweytens, da der feste Körper mit dem flüßigen einerley spezifische Schwere hat; so verhält er sich eben so, als wie ein flüßiger Theil unter dem nämlichen Raume; folglich bleibt er an jedem Orte ruhig liegen, wo er hingelegt wird.

§. 154.

Lehrs. Wenn ein fester Körper, welcher spezifisch leichter ist, auf einen flüßigen gelegt wird, so sinkt er so tief, bis das Gewicht, welches der vom Platze getriebene flüßige Theil hat, dem Gewichte des ganzen festen Körpers gleich ist.

Da ein solcher leichterer Körper auf den flüßigen gelegt wird, so wird dadurch der Druck derjenigen flüßigen Säule, auf welcher der feste Körper liegt, größer, als der Druck der Nebensäulen. Hiemit muß jene sinken, und die übrigen Säulen steigen; dabey sinkt auch der feste Körper. Wenn er aber so weit gesunken ist, daß der von seinem Orte verdrängte Theil des flüßigen dem Gewichte des festen gleich ist; so ist der Druck aller Säulen wieder gleich, und das Gleichgewicht hergestellt.

Zusatz. 1. Ein fester Körper, dessen spezifische Schwere zu jener des flüßigen ist wie 1 zu 2, geht die Hälfte unter das Wasser.

Zusatz. 2. Ein hohles metallenes Gefäß kann in dem Wasser nicht untergehen, wenn es nicht so viel Wasser unter sich aus dem Wege räumt, als es

selbst

selbst Platz einnimmt; und sein Gewicht samt der darinn enthaltenen Luft nicht schwerer ist, als das Wasser unter gleichem Raume. Wenn dieses Gefäß noch leichter bleibt, wenn es auch mit andern Gewichten beladen wird: so wird es immer noch oben schwimmen. Daher sieht man, wie und warum wohl beladene Schiffe nicht untergehen.*

Zusatz. 3. Wenn ein fester spezifisch leichterer Körper ganz untergetaucht wird, so wird er mit solcher Kraft wieder ausgestoßen, welche gleich ist der Differenz der spezifischen Schweren.**

Anmer-

* Verbindung dieser Lehre mit der Schiffbaukunst. Euler, *Scientia nav.* c. 1. Item Anwendung auf metallene Schiffe, gläserne, steinerne, metallene Krüge, Flaschen, Schüsseln rc. welche schwimmen. — Von schwimmenden Inseln, Muſſchenbroek, *inſtit. phyſ.* §. 863. Cabæus, L. 1. *meteorol.* t. 69. — Von Schiffen unter dem Wasser, welche Drebell erfunden hat. Merſennus, *cogitat. phyſ.* L. 3. Schottus, *mag hydr. p.* 3. L. 5.

** Versuche mit Aräometern, Hydroſcopia, Baryllia, sogenannten Wein- Bier- oder Salzwagen, Werkzeugen von Glas, Elfenbein oder Metall, womit die verschiedene Dichtheit flüßiger Materien untersucht wird. J. Gesner, Diſſ. de hydroſcopio conſtantis menſurae. — Sur la conſtruction, des areometres, par M. de Montigni. *Mem. de l'acad. roy. des ſc.* 1768. *p.* 435. Ebend. par M. Le Roy. 1770. p. 526. — Baumé, *Avantcoureur* 1768. n. 45. 50. 51. 52. und 1769. n. 2. — Kircher, *mund. ſubterr. t.* 1. *L.* 5. *c.* 5. — Faggot, Abhandl. der königl. Schwed. Ak. d. W. 1763. S. 49. 1766. S. 257.

Anmerk. 1. Auf diesem Grundsatze beruhet eine Art versenkte Schiffe wieder auf die Oberfläche des Wassers zu bringen. Die Taucher pflegen leere hölzerne Kisten oder Fässer an die Schiffe zu binden. Weil dadurch die spezifische Schwere des Schiffes und der leeren Fässer zusammen als eine Masse betrachtet geringer wird, als die spezifische Schwere des Wassers; so wird das Schiff durch die Kraft des Wassers selbst in die Höhe gehoben. Auf gleiche Weise binden Leute, welche ohne Gefahr unterzusinken schwimmen wollen, Blasen oder aufgeblasene Schläuche, u. d. g. an ihren Leib.** 2.) Bekannt sind die gläsernen kartesianischen Teufelchen, welche unter dem Rezipienten der Luftpumpe oder in einer mit Wasser angefüllten und mit einer Blase verschlossenen Flasche durch Ein= und Ausgang des Wassers in ihre Höhlung und dabey wechselweise erfolgende Zusammenpressung und Wiederausdehnung der darinn enthaltenen Luft bald spezifisch schwerer, bald leichter, bald eben so schwer werden; und hiemit bald untersinken, bald obenauf schwimmen, bald in jeder Gegend des Wassers ruhen. 3.) Die meisten Fische können

* J. Jung, Prof. mog. *thorax hydrostaticus* 1765. — Schottus, *Mag. hydr.* L. 5. — De Chales, *hydrost. prop.* 41. — Schwenter, mathemat. Belustig. 12. Th. 16. — Bachstrom, Kunst zu Schwimmen. Berl. 1742. — Vom Schwimmgürtel. Hamb. Magazin 3. B. S. 670. — Fabri, *phys.* tr. 1. L. 4. pr. 122. — L'art de nager avec des avis de se baigner utilement, par Thevenot. Par. 1781. — Leupold, theatr. pontif. — La Chapelle, Schwimmkleid oder Scaphander. Warschau 1776.

können mittels ihrer zweyfachen Luftblase den Raum ihres Körpers nach Willkür vergrößern oder vermindern, und also unter dem Wasser steigen oder sinken. Wenn ihnen die Blase zerplatzt ist, können sie so wenig unter dem Wasser in die Höhe, als sie bey gar zu großer Ausdehnung derselben, wie unter dem Rezipienten nach ausgezogener Luft zu sehen, hinunter.

Anmerk. 2. Hier verdient bemerkt zu werden, daß die gemeine Meinung fasch sey, als wenn alle Menschen spezifisch schwerer, als Wasser wären. Denn zu Neapel war unlängst ein Priester Paul Moccia (vielleicht lebt er noch) welcher nicht tiefer, als bis an die halbe Brust unter das Wasser gieng. Bey stillem Meere konnte er nach Belieben aufrecht im Wasser stille stehen, oder sich durch eine leichte Horizontal-Bewegung mit der Hand hin- und her bewegen; und in dieser Stellung konnte er ungehindert essen, trinken, lesen, schreiben. Wenn ihn auch die Taucher an den Füßen unter das Wasser gezogen haben, welches mit harter Mühe geschehen ist, so kam er doch alsobald wieder empor. Dem äußern Ansehen nach hatte dieser Mann vor andern Menschen nichts besonders; sein Körper war zwar dick und fett, aber nicht unförmlich. Er wog 300 neapolitaner Pfunde, aber doch noch 30 Pfunde leichter, als Wasser unter gleichem Raume.*

Viel-

* Dominikus Bartaloni, berühmt durch das Werk: Mecanica sublime demonstrata coll'algebra; hat diese Geschichte

Vielleicht giebt es noch mehrere Menschen von dergleichen Beschaffenheit, ohne daß sie es selbst wissen. Mehrere angestellte Versuche würden etwa auch mehrere Beyspiele liefern.

§. 155.

Aus dem Vorhergehenden sind folgende Methoden gezogen, die spezifische Schwere sowohl flüßiger, als fester Körper zu untersuchen und zu bestimmen.

Aufgabe. 1. Die spezifische Schwere eines jeden flüßigen Körpers zu finden.

Auflös. Man tauche in den flüßigen Körper einen festen; der Theil des Gewichtes, welchen der feste Körper verliert, zeigt das Gewicht des flüßigen an unter gleichem Raume. Z. B. ein Kubikzoll Bley wöge in freyer Luft 12 Loth; verlöre aber im Wasser 1 Loth: so wöge ein Kubikzoll Wasser 1 Loth.

§. 156.

Aufg. 2. Die spezifische Schwere verschiedener flüßiger Körper zu finden.

Auflös.

schichte 1767. in die haller gelehrte Zeitung einrücken lassen. Ein ähnliches bezeuget er von einem andern Neapolitaner Cola Pesce, welcher aus dem Hafen zu Neapel bis an die Insel Capri durch das Meer gieng. — Von der eigenthümlichen Schwere des menschlichen Körpers in Absicht auf das Schwimmen. Hamb. Magaz. 21. B. S. 334. Untersuchung, warum Thiere von Natur schwimmen können. Ebend. 1. B. S. 327.

Auflös. Man wiege einen Kubikzoll Bley erstens im Wasser, hernach im Weine oder in einem andern flüßigen Körper, und beobachte, wieviel Gewicht er in einem jeden verliere; der Theil des verlornen Gewichtes zeigt an die spezifische Schwere eines Kubikzolls Wasser, Wein ꝛc.

Denn wenn das Gewicht des Wassers unter dem Raume eines Kubikzolls Bley = P, und das Gewicht des Weins unter dem nämlichen Raume = p: so ist der Theil des Gewichtes, welchen das Bley in Wasser verliert, zu dem Theile des Gewichtes, welchen es im Weine verliert, wie P : p. Aber auch die spezifische Schwere des Wassers verhält sich zur Schwere des Weins, wie P : p; weil die spezifischen Schweren unter einander sind, wie die Gewichte unter gleichem Raume.

§. 157.

Aufgabe. Die spezifische Schwere fester Körper zu finden.

Auflös. Man nehme zween ungleichartige Körper von gleichem Gewichte, und hänge sie beyderseits an einen Wagbalken. Man tauche sie zugleich in Wasser oder einen andern flüßigen Körper ein; so wird derjenige Körper, welcher einen kleinern Raum einnimmt, das Uibergewicht haben, und das Gewicht, welches dem andern beyzusetzen ist, das Gleichgewicht herzustellen, wird die Differenz anzeigen, welche zwischen den spezifischen Schweren dieser Körper ist.

Wenn

Wenn die spezifische Schwere des einen Körpers z. B. Gold = G, die Schwere des andern z. B. Silber = g, der im Wasser verlorne Theil des Goldes = b, des Silbers = a, der Raum des Goldes = v, des Silbers = V.

So ist G: g = V: v.
b: a = v: V.
a: b = V: v.
G: g = a: b.

Oder die spezifischen Schweren zweener fester heterogener Körper von gleichem absoluten Gewichte verhalten sich verkehrt, wie die im flüßigen Körper verlornen Theile des Gewichtes.

Zus. Wenn daher zwo Goldmünzen, welche in der Luft gleiches Gewicht haben, nicht auch gleiches Gewicht in einer und der nämlichen Flüßigkeit verlieren: so hat diejenige, welche mehr verliert, eine geringere spezifische Schwere, als die andere; und hat also etwas von einem leichtern oder lockerern Metalle beygemischt.

§. 158.

Gelegenheit dieser Erfindung. Hiero, König von Syrakus, als er den Göttern eine goldene Krone zu opfern verlobt hatte, gab einem Goldschmiede zur Verfertigung derselben eine gewisse Menge Gold. Der Goldschmied behielt von dem Golde einen Theil für sich; und mischte hingegen soviel Silber unter die Masse. Hiero argwöhnte den Diebstahl; um aber davon vergewissert zu seyn, gab er Archimedes den Auftrag, die Sache zu untersuchen. Dieser wußte nicht

nicht alsogleich, wie er den Goldschmied des Diebstahls überführen könnte, bis er einst im Bade bemerkte, daß eben soviel Wasser aus der Badbütte ausfloß, als der Theil seines eingetauchten Körpers Raum faßte. Daraus schloß er, daß, wenn eine Masse von reinem Golde eben so schwer, als die goldne Krone, weniger Wasser aus einem Gefäße verdränge, als diese, so müßte gewiß ein anderes Metall damit vermischt seyn, weil eine Masse Silber eben so schwer, als reines Gold, mehr Platz einnimmt, als dieses; hiemit auch mehr Wasser beym Untertauchen verdringen muß. Diese Erfindung verursachte Archimedes soviel Freude, daß er aus dem Bade sprang, und nackend durch die Straßen lief, mit lautem Jubelgeschreye: ich habe es gefunden, ich habe es gefunden! *

Wieviel aber von Silber der besagten Krone beygemischt worden sey, läßt sich auf folgende Weise untersuchen.

§. 159.

1) Das Gewicht der ganzen gemischten Masse in der Luft sey $= P$; der Verlust desselben im Wasser $= \pi$.

2)

* Obige Geschichte erzählt Vitruvius, *architect.* L. 9. c. 3. wird aber von vielen widersprochen. s. Ghetaldus, *Archimed. promot. prop.* 17. Nic. Cabæus, *meteor. L.* 2. Schottus, *mag. nat.* p. 363. Titius, Wittenberg. Wochenbl. 1775. S. 45. — Andere Methoden s. bey Kästner, Hydrost. §. 52. Clavius, *arithmet. pract.* c. 23. q. 24. Schottus, *mag. hydr.* L. 5. Huberti, *hydrodyn.* §. 91. De Chales, hydrost. pr. 33. 34.

2) Man nehme eine Masse von purem Silber, welche in der Luft ein Gewicht habe $= P$; der Verlust im Wasser sey $= a$.

3) Man nehme eine Masse von reinem Golde, welche in der Luft ein Gewicht habe $= P$; der Verlust im Wasser sey $= b$.

4) Das Gewicht des Silbers, welches unter dem Golde verborgen steckt, sey $= x$; so ist das Gewicht des Goldes $= P - x$.

5) Folglich ist $P : a = x : \frac{a\,x}{P}$, das ist, das Gewicht P des reinen Silbers verliert im Wasser einen Theil $= a$; wieviel verliert im nämlichen Wasser das Gewicht x, welches im Golde verborgen steckt? Es verliert den Werth $= \frac{a\,x}{P}$.

6) So ist auch $P : b = P - x : \frac{P\,b - x\,b}{P}$; oder das Gewicht P des reinen Goldes verliert im Wasser einen Theil $= b$; wieviel verliert im nämlichen Wasser das Gewicht $P - x$, welches mit Silber vermischt ist? es verliert $= \frac{Pb - xb}{P}$.

7) Daher ist der Verlust der gemischten Masse π $= \frac{x\,a}{P} + \frac{Pb - xb}{P}$.

Folglich $ax + Pb - xb = \pi P$.

Und $ax - xb = \pi B - Pb$.

Hiemit $x = \frac{\pi P - Pb}{a - b}$

und $P - x = P - \frac{\pi P - Pb}{a - b} = \frac{aP - \pi P}{a - b}$.

Wenn

Wenn nun z. B. $P = 12$, $\pi = 4$, $a = 7$, $b = 3$; so ist $x = \frac{48-36}{7-3} = 3$ und $P - x = \frac{84-48}{7-3} = 9$.

Anmerkung. Bey dieser Aufgabe und Auflösung wird vorausgesetzt, daß zwey Metalle, wenn sie miteinander vermischt sind, einen Raum einnehmen, welcher gleich sey der Summe der Räume, welche sie vor der Mischung eingenommen haben. Daß aber dieses gewöhnlich nicht geschehe, bezeugen Glauber, Becher u. a. m.*

§. 160.

* Glauber, Furni novi philos. t. 4. S. 97. Amsterd. 1661. — Becher, chymische Concordanz. S. 109. Halle 1726. — Abhandl. der kön. schwed. Akademie. 1744. S. 211. 1757. S. 303. Kästn. Uibers. — Zeiher, *progr. mixtionum metall. examen hydrost.* Wittenb. 1764. — Hahn, *de efficacia mixtionis in mutandis corporum voluminibus. Leid.* 1751. — Gellerts, Versuch mit Mischungen von Halbmetallen. *comm. ac. petrop. t.* 13. p. 382. Krafft, mit Metallen, ebend. t. 14. p. 252.

Reaumur, *mem. de l'acad. des sc. par.* 1733. und andere haben auch an flüßigen Körpern beobachtet, daß sie unter einandrr vermischt einen kleinern Raum einnehmen; z. B. Weingeist oder Salzwasser mit gemeinem Wasser. s. oben §. 2. Anmerk.

Uiber diese Materie verdient vorzüglich gelesen zu werden Kästners Abhandlung de mixtorum examine hydrostatico. *comm. nov. sc. Goett.* 1775. p. 102.

Noch muß hier angemerkt werden, daß bey der oben angegebenen Art der Untersuchung nur zwey Metalle in

§. 160.

Aufg. 4. Die spezifische Schwere eines festen Körpers in Vergleichung mit einem flüßigen zu finden.

Auflös. Weil das Gewicht eines festen Körpers gegen das Gewicht eines flüßigen unter gleichem Raume sich verhält, wie ihre spezifische Schwere; und nebst dem der Theil des Gewichtes, welchen der feste Körper verliert, sich verhält, wie das Gewicht des flüßigen: so ist klar, daß die spezifische Schwere des festen Körpers zur spezifischen Schwere des flüßigen sey, wie sein ganzes Gewicht zu dem Theile, welcher im flüßigen verloren wird. Die spezifische Schwere des festen Körpers sey $= G$, des flüßigen $= g$, das ganze Gewicht des festen $= P$, der verlorne Theil $= p$, das Gewicht des flüßigen $= \pi$.

Weil $G : g = P : \pi$.
und $\pi = p$
so ist $G : g = P : p$.

§. 161.

Die folgende Tabelle von Musschenbroek ** zeigt die spezifischen Schweren vieler fester Körper in Vergleichung mit der Schwere des gemeinen Wassers. Sie werden in Dezimalbrüchen ausgedruckt, welche von

der Mischung seyn dürfen. Kästner Hydrost. 53. Bey mehrern, wie Tacquet, *arithm. L.* 4. *c.* 4. zeigt, ist es nothwendig, daß die Mischung chemisch, nicht hydrostatisch untersucht werde.

** *Instit. phys.* §. 887. p. 350. umständlicher, *introd. ad philos. natur.* p. 536.

von den ganzen Zahlen durch einen Beystrich getrennt sind. Die spezifische Schwere des Wassers ist angesetzt = 1,000. So ist z. B. die Schwere des japanischen Kupfers zur Schwere des Wassers = 9,000 : 1,000 = 9 : 1.

Spezifische Schwere fester Körper.

Metalle.		Reinstes englisches Zinn	7,295.
Japanisches Kupfer	9,000.	Zink . . .	7,350.
Schwedisches Kupfer	8,784.	Platina* . .	15,52666.
Zämentkupf. aus Ungarn	5,771.	Die reinsten Theile davon .	27,500.
Geschlagenes Messing	8,349.	**Steine.**	
Rohes Spiesglas . .	4,000.	Blaßrother Achat .	2,631.
Ungarisches Spiesglas	4,700.	Diamant . .	3,517.
Reines Silber . .	11,091.	Alabaster . .	1,872.
Das reinste Gold . .	19,640.	Federalaun .	2,275.
Wißmuth . .	9,700.	Amianth . .	2,913.
Sehr elastischer Stahl	7,803.	Violetter Atramentstein	3,104.
Eisen . . .	7,645.	Rother Arsenik .	3,223.
Markasit . . .	4,589.	Gelber Arsenik .	3,313.
Deutsches Quecksilber	14,000.	Berill . .	3,056.
Englisches Quecksilber	13,593.	Karneol . .	2,290.
Gediegener Zinnober aus Tyrol . .	7,300.	Orientalischer Chalzedonier .	2,569.
Künstlicher Zinnober	8,200.	Wetzstein .	1,666.
Englisches Bley . .	11,325.	Weiße Kreide . .	2,252.
Deutsches Bley . .	11,310.	Isländischer Krystall	2,720.
Bleykalk . .	8,940.	Gemeiner Bergkrystall	2,650.
Bleyweiß . .	3,156.	Böhmischer Granat .	4,360.
Goldglätte . .	6,000.	Schwedischer Granat	3,978.
Silberglätte . .	6,044.	Blutstein .	4,360.
Reines Zinn . .	7,320.		

* S. Lichtenbergs Anmerkung in Erxlebens Naturl. §. 179.

Hyazinth . .	2,631.
Jaspis . . .	2,666.
Judensteiu . .	2,500.
Laßurstein . .	3,054.
Probierstein . .	2,688.
Magnet . .	4,585.
Malachit . .	2,507.
Italiánischer schwarzer Marmor	2,704.
Italiánischer weißer Marmor .	2,707.
Italiánischer anderer Marmor .	2,718.
Nierenstein .	2,894.
Onyx . .	2,510.
Serpentinstein .	2,888.
Beinbruch . .	2,240.
Aftertopas . .	2,672.
Kupferkies . .	4,027.
Eisenkies . .	4,912.
Quarz . .	2,763.
Sardachat . .	3,508.
Sardonyx . .	2,625.
Weißer Schiefer .	2,331.
Schwarzer Schiefer .	2,238.
Selenit . .	2,322.
Gemeiner Kiesel .	2,542.
Smaragd . .	3,095.
Venetianischer Talk	2,730.
Tophstein . .	1,410.
Türkis . .	2,508.
Ostindischer Turmalin	2,952.
Englisches weißes Glas	3,150.
Grünes Glas .	3,620.
Gemeiner Sand .	2,631.
Hart gebackene Steine	2,006.

Harze und Salze.

Gagat . . .	1,203.
Judenpech .	1,744.
Durchsichtiger Bernstein	1,065.
Anderer Bernstein .	1,087.
Rother gediegener Schwefel . .	2,871.
Jungfern-Schwefel	2,000.
Gemeiner Guß-Schwefel	1,800.
Alaun . .	1,714.
Borax . .	1,720.
Salpeter . .	1,900.
Reiner Salmiak .	1,452.
Reines Bergsalz .	2,143.
Glauberisches Wundersalz .	2,246.
Roher Weinstein .	1,849.
Präparirter Weinstein	1,900.
Vitriolisirter Weinstein	2,298.
Englischer Vitriol .	1,880.
Weißer Vitriol .	1,900.

Hölzer.

Tannenholz . .	0,550.
Maßholder, Ahorn .	0,755.
Aloe . .	1,177.
Rothes brasilienholz	1,031.
Buxbaumholz .	1,031.
Campecheholz .	0,913.
Cederholz . .	0,613.
Kokosnuß . .	1,340.
Ebenholz . .	1,177.
Buchenholz . .	0,738.
Guajacaholz . .	1,333.
Wachholderholz .	0,556.
Mastixholz . .	0,849
Nierenholz . .	1,200.

Zwetsch

Zwetschkenholz . . 0,663.	Schöpfbrunnenwasser 0,999.
Sassafraß . . 0,482.	Flußwasser . . . 1,009.
Korkholz . . 0,240.	Scheidwasser . . 1,300.
Taxus . . 0,760.	Königswasser . . . 1,234.
Ulmenholz . . 0,600.	Kühmilch . . . 1,030.
Scheckichtes virginisches Holz . . 1,313.	Geisemilch . . . 1,009.
Lebensbaum . . 1,327.	Molken . . . . 1,016.
Chinawurzel . . 1,071.	Leinoel . . . 0,932.
Chinarinde . 0,784.	Baumoel . . 0,913.
Gallapfel . . 1,034.	Naphta . . . 0,708.
	Rüboel . . 0,853.
	Terpentinoel . 0,792.
Kampfer . . 0,996.	Weinsteinoel . 1,550.
Gelbes Wachs . 0,955.	Vitrioloel . . 1,700.
Arabisches Gummi . 1,375.	Zimmetoel . . 1,035.
Myrrhe . . 1,250.	Menschenblut . 1,040.
Opium . . 1,363.	Menschenblut ohne Fließwasser . . 1,084.
Pech . . 1,150.	Fließwasser . . 1,027.
Guajacaharz . . 1,224.	Gemeiner Salpetergeist 1,315.
Scammonieharz . 1,200.	Rektifizirter Weingeist 0,866.
Weyhrauch . 1,071.	Weinsteingeist . 1,073.
Spezifische Schwere flüßiger Körper.	Burgunderwein . 0,953.
Regenwasser . . 1,000.	Champagnerwein . 0,962.
Destillirtes Wasser . 0,993.	Moselwein . 0,916.
Meerwasser . . 1,030.	*

* Andere Verzeichnisse s. z. B. Mersenn. *phænom. hydr.* pr. 47. De Chales, hydrost. 31. Verdries, *phys. gen.* c. 6. §. 612. Boerhave, *elem. chym.* t. 1. Ghetaldi, *promotus Archimedes. Rom.* 1603. Martin, *philosophia britann.* 1. t. Henkels Kieshistorie, Anhang.

Bey dem Gebrauche dieser Tabelle ist zu bemerken, daß die spezifischen Schweren besagter Körper untersucht worden seyn, da das Wasser eine gemäßigte Wärme hatte. Denn wenn einer in eiskaltem oder siedheißem Wasser die Versuche wiederholte, würde er einen ganz andern Erfolg haben, indem bey verschiedener Dichtheit der flüßigen Körper auch das Gewicht verschieden ist, welches die flüßigen darinn verlieren. *

III. Artikel.

Von besondern Eigenschaften und dem Gleichgewichte elastischer flüßiger Körper.

§. 162.

Wenn eine flüßige Masse elastisch ist, so sucht sie sich allenthalben hin auszudehnen; daher kann man sich

* Daß die Angaben verschiedener Schriftsteller nicht genau mit einander übereinstimmen, kömmt her, theils von der Art die Versuche anzustellen; (s. Erxleben, Naturl. 5. Abschn. Hydrost.) theils, weil die gebrauchten Materien, die festen sowohl als die flüßigen, obgleich sie einerley Namen haben, dennoch in ihrer Art und wegen mancherley zufälliger Beschaffenheit nicht völlig einerley sind. Auch hängt viel ab von der Güte der hydrostatischen Wage, bilanx hydrostatica. Eine Beschreibung einer neuen hydrostatischen Wage ist von G. F. Brander, Augsb. 1771. Ferner ist nothwendig, den verschiedenen Werth des Maßes und der Gewichte zu wissen, damit man die unterschiedlichen Angaben vergleichen könne. Hievon s. Clausberg Demonstrativ-Rechenkunst §. 1142. und Eisenschmidii *disquis. de ponderibus et mensuris*, wo zugleich auf den Zustand der Wärme und Kälte Rücksicht genommen ist.

sich vorstellen, als sey zwischen den Theilchen, woraus sie besteht, eine besondere Kraft, wodurch sie von einander abzuweichen gezwungen werden. Diese Masse wird also nicht ruhen, wenn nicht gleiche und entgegengesetzte Kräfte dagegen wirken. Die Stelle solcher Kräfte kann ein ganz geschlossenes Gefäß AB CD, (Fig. 47.) worinn eine elastische Flüßigkeit enthalten ist, vertreten.

Zusatz Diese elastische flüßige Masse würde gegen alle Seiten des Gefäßes gleichen Druck äußern, wenn angenommen wird, daß ihre Dichtheit und Schnellkraft durchaus gleich sey. Ferner wenn an einem Theile des Gefäßes eine Oeffnung gemacht würde, so bräche die Flüßigkeit alsobald heraus. Indessen bliebe doch das ganze Gefäß damit angefüllt, indem nur die Dichtheit und Schnellkraft derselben vermindert würde.

§. 163.

Wenn in einem Gefäße ABCD eine flüßige Masse als unelastisch angenommen würde; so bliebe 1) das ganze Gefäß damit angefüllt, und die Dichtheit derselben wäre unveränderlich, obschon die Oberfläche AD mehr oder weniger gedruckt würde; und 2) der Druck dieser Flüßigkeit auf den Boden des Gefäßes wäre gleich dem Gewichte, welches gefunden wird, wenn das Produkt aus der Grundfläche und der Höhe mit der spezifischen Schwere des flüßigen Körpers multiplizirt wird.

§. 164.

Wenn aber der flüßige Körper in dem Gefäße elastisch ist, so ist auch

I. Die Dichtheit desselben nicht durchaus gleich. Denn, wenn man sich die Masse in gleiche Horizontalschichten ADST und STQR ꝛc. abgetheilt vorstellt: so wird die Schichte STQR dichter seyn, als die ADST; weil diese durch ihr Gewicht auf die andere druckt: die dritte Schichte QROP wird noch dichter seyn, weil diese von den zwoen obern gedruckt wird; und so weiter bis auf die unterste, welche die dichteste seyn muß.

Zusatz Da eine größere oder kleinere Schnellkraft, so wie die Dichtheit eines flüßigen Körpers, von der stärkern oder schwächern Zusammenpressung der Theile abhängt: so folgt, daß auch die Schnellkraft vermehrt oder vermindert werde in dem Maße der vermehrten oder verminderten Dichtheit. Deswegen sind auch die untere Schichten eines flüßigen elastischen Körpers elastischer, als die obern, weil sie mehr als diese zusammengepreßt sind.

§. 165.

II. Ein allenthalben verschlossenes zylindrisches Gefäß ABCD, (Fig. 47.) oder ein anderes AMN, von was immer einer Figur, (Fig. 48.) enthalte eine schwere elastische flüßige Masse, welche man in dünne horizontale Schichten ADST, STQR, oder Aef, efgh ꝛc. abtheile. Die zweyte Schichte ST oder ef leidet einen doppelten Druck; einen von dem Gewichte

wichte der ersten Schichte ADST oder Aef, nach den Regeln der Hydrostatik; den andern von der Schnellkraft derselben. Dieser doppelte Druck erstreckt sich auch auf die dritte Schichte QR oder gh, und dazu kömmt noch der Druck von dem Gewichte der zweyten Schichte STQR oder efgh, u. s. w. Daraus folgt, daß der Druck auf eine jede folgende Schichte vermehrt werde durch die Größe des Drucks, welcher von dem Gewichte der unmittelbar daraufliegenden Schichte herkömmt, und dessen Größe nach den Regeln der Hydrostatik bestimmt wird. Daher ist der ganze Druck, den die Grundfläche BC oder MN von dem flüßigen elastischen Körper aussteht, erstens wie das Gewicht, welches gefunden wird, wenn das Produkt aus der Grundfläche und der Höhe mit der spezifischen Schwere multiplizirt wird; wozu zweytens noch der Druck kömmt, welcher von der Schnellkraft der obersten Schichte ADST oder Aef verursacht, und gegen die Grundfläche fortgesetzt wird. Denn wie groß das Gewicht aller auf der Grundfläche liegender Schichten ist, mit so großer Kraft wird die unterste Schichte zusammengedruckt; so groß ist auch ihre Schnellkraft, und der Druck, wozu die Schnellkraft der obersten Schichte ADST oder Aef gezählt werden muß.

§. 166.

III. Die Röhre ABCD von unbestimmter Höhe sey mit einem elastischen flüßigen Körper angefüllt. (Fig. 47.) Die obere Basis AD stelle man sich als beweglich vor, und als eine geometrische Fläche ohne

Schwere

Schwere. In diesem Falle wird sich die elastische flüßige Masse alsobald ausdehnen, und die Fläche AD aufwärts treiben; und alle Schichten werden einen größern Raum einnehmen, und so lange verdünnt werden, bis endlich die Dichtheit der obersten Schichte so verringert worden ist, daß sie gar keine Schnellkraft mehr hat. Alsdenn wird es nicht mehr nöthig seyn, den obern Theil der Röhre XY mit einem Deckel zu schließen; indem die ganze Masse im Gleichgewichte ist, und der Druck auf die Grundfläche blos nach dem Gewichte der darauf stehenden Säule zu berechnen ist.

Wenn in diesem Falle die flüßige elastische Masse, welche in dem Raume MNBC enthalten ist, von der obern durch eine Fläche MN abgesondert würde, so bliebe der Druck auf die Grundfläche von dieser Masse eben so stark, als wenn die ganze Säule darauf läge.

§. 167.

IV. Es sey KLST eine solide Sphäre, (Fig. 49.) ganz versenkt in einem elastischen flüßigen Körper, dessen Elemente alle zusammen auf den Mittelpunkt C drucken. Man bilde sich ein, die flüßige Masse sey in mehrere sphärische konzentrische Flächen abgetheilt. Aus dem vorhergehenden erhellet, daß eine jede Schichte, welche näher liegt an der soliden Sphäre, z. B. HKLO, mehr von den obern gedruckt werde; hiemit auch dichter und elastischer sey, als eine obere z. B. HFGR. Der Druck, die Dichtheit und Schnellkraft nimmt also ab, je weiter die Schichten vom Mittelpunkte C entfernt liegen.

Zu-

Zusatz. Gesetzt, der flüßige Körper zwischen A N M und D E P sey noch elastisch; so wird kein Gleichgewicht und keine Ruhe seyn, wenn nicht die ganze flüßige Sphäre allenthalben in einer festen Fläche A N M A eingeschlossen wird. Wenn aber hernach diese feste Fläche hinweggenommen wird; so wird sich die elastische flüßige Masse so lange allenthalben hin ausdehnen, bis die oberste Schichte alle Schnellkraft verloren hat. Bey solchen Umständen wäre auch nicht nöthig, die oberste Schichte A N M einzuschließen, weil alles im Gleichgewichte wäre.

§. 168.

Was in diesem Artikel von den Eigenschaften flüßiger elastischer Körper gesagt worden ist, muß vorzüglich zur Theorie der Luft angewandt werden.*

Etwas von der Hydraulik

I. Artikel.

Von einigen Gesetzen der Bewegung flüßiger unelastischer Körper.

§. 169.

Ein prismatisches oder zylindrisches Gefäß A B C D stehe senkrecht, und sey mit einem flüßigen unelastischen Körper bis auf A D angefüllt; (Fig. 50.) und

* Newton, princ. math. L. 2. f. 5. pr. 21. 22. 23.

und habe in der Mitte ein Loch FG, welches nach Belieben geöffnet oder geschlossen werden könne. Wenn es geöffnet wird, so wird es zum Theile mit dem flüßigen Körper gehen, wie es mit einem festen zu geschehen pflegt, wenn die Stütze, worauf er ruhet, unter ihm hinweggenommen wird. Das Flüßige, welches unmittelbar über der Oeffnung steht, wird alsobald nach dem Gesetze der Schwere hinunterfallen. Das Gleichgewicht der ganzen Masse wird gestöret, und alle Theile werden in Bewegung gesetzt werden.

Wenn 1) Der ganze Boden dieses Gefäßes auf einmal hinweggenommen würde, so würde die ganze flüßige Masse in einer gleichförmig beschleunigten Bewegung hinunterfallen, ohne daß ein Theilchen die Bewegung des andern hinderte, oder mehr beschleunigte.

Wenn aber 2) die Oeffnung an dem Boden FG kleiner ist, als der Boden; so wird die Bewegung durch diese Oeffnung nach ganz andern Gesetzen geschehen. Eine Wassersäule FGHI auf der Oeffnung FG könnte zwar nach den Gesetzen schwerer Körper hinunterfallen; aber das Wasser, welches diese Säule umgiebt, verstört dieses Gesetz der Bewegung, weil es auf allen Seiten auf dieselbige druckt. Die Richtungen oder die Wege der Theilchen, welche nicht zur Säule HFGI gehören, krümmen sich um so mehr, je näher sie an den Boden des Gefäßes kommen, wie in der Figur durch den Strudel FGrs vorgestellt wird.

Aus diesem folgt 3) deutlich, daß die Geschwindigkeit des durch die Oeffnung FG ausfließenden Wassers größer sey, als die Geschwindigkeit, mit welcher die Oberfläche AD sinket; so zwar, wie in der Hydraulik bewiesen wird, daß die Geschwindigkeit der sinkenden Oberfläche AD sich verhalte zur Geschwindigkeit des durch die Oeffnung FG auslaufenden Wassers, wie FG: AD.

Wenn 4) während dem Ausflusse durch die kleine Oeffnung FG immer so viel Wasser oben wieder hineinfließt, daß das Gefäß beständig voll bleibt, so wird der Ausfluß durch diese Oeffnung stets in einer und der nämlichen Geschwindigkeit fortgehen. Denn es ist aus Versuchen bekannt, daß in diesem Falle in zwoen Sekunden noch soviel, in drey Sekunden dreymal soviel, als in einer Sekunde ausfließe.

So weiß man auch 5) aus der Erfahrung, daß ein flüßiger Körper durch ein Loch in dem Boden, wenn es in Vergleichung mit der Oberfläche sehr eng ist, schier mit der namlichen Geschwindigkeit auslaufe, welche er hätte, wenn er frey von der Höhe FH herunterfiele.*

Zusatz. 1. Weil diese Höhe ein Raum wäre, welcher in einer gleichförmig beschleunigten Bewegung beschrieben wird; solche Räume aber sich verhalten wie die Quadraten der Geschwindigkeiten: so ist $A : a = C^2 : c^2$.

Zusatz. 2. Wenn daher mit dem Gefäße ABCD eine gekrümmte Röhre EFGH (Fig. 51.) mit einer kleinen Oeffnung a c vereiniget ist, und beyde mit Wasser

* Newton, princ. L. 2. s. 7. propr. 36. seq.

Wasser angefüllt sind; so könnte das senkrecht heraus springende Wasser so hoch steigen, als D H ist, wenn sonst keine Hindernisse da wären. (§. 98. Zus. 8.)

Anmerk. 1. Die Hindernisse, welche die Geschwindigkeit flüßiger Körper beym Ausfließen und Steigen vermindern, sind a) das Reiben an den Seitenwänden der Oeffnung. b) Der Zusammenhang der Theilchen unter sich. c) Der Widerstand der Luft, welche aus dem Wege geräumet, und gleichsam gespalten werden muß, damit der flüßige Körper aufsteigen könne. d) Die Tropfen steigen in verminderter Bewegung in die Höhe; die obern verlieren beynahe alle Geschwindigkeit, und werden von den untern folgenden gleichsam getragen, ehe sie auf die Seiten fließen; vermindern also auch ihre Geschwindigkeit. Daher kömmt es, daß der erste Sprung gewöhnlich höher ist, als die folgenden.

Anmerk. 2. Daraus lassen sich die verschiedenen Springbrunnen erklären. Denn wenn das Wasser von einer Anhöhe durch Röhren herabgeleitet wird: so springt es desto höher, je höher der Wasserbehälter liegt, aus welchem es herabfließt.*

II. Ar-

* Was in diesem Artikel gleichsam nur im Vorbeygehen berührt worden ist, hievon handeln umständlicher Gravesande, *elem. phys. math.* L. 3. p. 2. *de motu fluidorum.* — Krafft, *praelect.* p. 3. c. 1, *de motu aquarum.* — Mariotte, *traité du mouv. des eaux.* p. 3. 4. — Guilielmini, *mensura aquarum fluentium.* — Henner, *phys. experim.* p. 2. c. 3. *de fluidorum motu.* — Kästner, Anfangsgr.

II. Artikel.

Von der Wirkung bewegter unelastischer flüßiger Körper auf feste.

§. 170.

Wasser und ein jeder anderer flüßiger Körper, welcher auf einen festen anstößt, wirkt dadurch auf denselben. Nun fragt sich, wie groß diese Wirkung sey, wenn die Richtung des flüßigen auf die Fläche des entgegengesetzten festen Körpers senkrecht geht? Wenn man sich vorstellt, der flüßige Körper ruhe, die Fläche des festen aber bewege sich senkrecht gegen

Anfangsgr. der Hydrodynamik Gött. 1769. — Dan. Bernoulli, *Hydrodynam.* — Joan. Bernoulli, *hydraulica.* opp. t. 4. — Karsten, Lehrbegriff der Mathem. 5 und 6 Th. — Schottus, *in mechanica hydraulico-pneumatica et technica curiosa.* — De Chales, t. 3. MM. tr. 18. — Hennert, *elem. hydrost. et hydraul.* Ultraj. 1769. — Leupold, *theatr. mach. hydr.* — Belidor, Architecture hydraulique. — Mechanica fluidorum etc. ab Octaviano Cametta. florentiæ 1780. u. a. m.
Anwendungen der Luft, das Wasser zu bewegen, werden in der Aerometrie gezeigt werden.
Hier könnte anhangsweise noch etwas gesagt werden von der Bewegung der Flüsse, von der fortgesetzten Bewegung in flüßigen Körpern. Newton, de motu per fluida propagato. *princ. math. L. 2. prop.* 41. sq. — Gravesande, *elem. phys.* I. 3. c. 10. 11. — Biwald, *instit. phys. partic. p. 1. s. 2. a.* 6.

gegen den flüßigen mit der Geschwindigkeit, mit welcher der flüßige anstößt; so ist der Widerstand, welchen der feste erleidet, eben so groß, als nun die Wirkung des flüßigen ist auf den ruhenden festen Körper. Der Widerstand ist aber in einem jeden Zeitpunkte so groß, als die Kraft des Gewichtes einer Wassersäule z. B. ist, welche mit der entgegengesetzten Oberfläche gleiche Grundfläche hat, und eine solche Höhe, von welcher ein Körper herunterfallen müßte, damit er eine Geschwindigkeit erhielte, mit welcher der feste gegen den flüßigen nun wirklich bewegt wird. (§. 124.) So ist auch in dem gegebenen Falle die Wirkung des bewegten flüßigen Körpers gegen den ruhenden festen beschaffen.

Zusatz. 1. Weil die besagte Höhe ein Raum ist, welcher in einer gleichförmig beschleunigten Bewegung beschrieben wird; solche Räume aber sich verhalten, wie die Quadraten der Geschwindigkeiten; so folgt auch, daß die Wirkung des anstoßenden flüßigen Körpers in diesem Falle sey, wie das Quadrat der Geschwindigkeit, wenn sonst nichts hindert.

Zusatz. 2. Wenn die nämliche Flüßigkeit mit der nämlichen Geschwindigkeit auf verschiedene Flächen anstößt, so ist die Wirkung im geraden Verhältnisse der Flächen. Ist aber nur allein die Geschwindigkeit verschieden, so verhält sich die Wirkung, wie das Quadrat der Geschwindigkeit.

Zusatz. 3. Wenn flüßige Körper von verschiedener Dichtheit mit einerley Geschwindigkeit auf eine und die nämliche Ebene senkrecht anstoßen; so sind die Wirkungen, wie die Dichtheiten, weil zu gleicher

Zeit

Zeit desto mehr Theilchen anfahren, je dichter der Körper ist.

Zusatz. 4. Wenn daher die Flächen P und p, die Flüßigkeiten F und f, die Dichtheiten D und d, die Geschwindigkeiten C und c verschieden sind: so ist die Wirkung des flüßigen Körpers F zur Wirkung f, wie $PDC^2 : pdc^2$.

§. 171.

Lehrsatz. Die Wirkung eines bewegten flüßigen Körpers in einer schiefen Richtung verhält sich zu der Wirkung in einer senkrechten Richtung, wie der Sinus des Winkels FBD, welchen die Fläche des festen Körpers mit der Richtung des flüßigen macht, zum Sinus totus. (Fig. 52.)

Wenn die absolute Kraft, mit welcher der flüßige Körper gegen die Fläche ABCD fährt, durch die Linie FB vorgestellt wird; so ist die schiefe Wirkung zur senkrechten, wie FC : FB (§. 87. Anm. 2.) oder wie der Sinus FBC : R.

§. 172.

Lehrsatz. Die senkrechte Wirkung eines bewegten flüßigen Körper's auf eine Fläche, welche mit sich selbst parallel bewegt wird, ist wie das Quadrat der respektiven Geschwindigkeit; oder wenn die Bewegung nach einerley Richtung geschieht, wie das Quadrat der Differenz der Geschwindigkeiten; geschieht sie aber nach entgegengesetzten Richtungen, wie das Quadrat der Summe der Geschwindigkeiten.

Wenn ein flüßiger Körper mit der Geschwindigkeit C auf eine Fläche stößt, welche nach der nämlichen Richtung mit der Geschwindigkeit c bewegt wird: so ist die nämliche Wirkung, als wenn derselbe auf die ruhende Fläche anstieße mit der Geschwindigkeit $= C - c$. (§. 111. ꝛc.) So wäre aber die Wirkung wie das Quadrat dieser Geschwindigkeit $= C^2 - 2Cc + c^2$. (§. 170. Zus. 1.)

Wenn aber die Bewegung geschieht nach entgegengesetzten Richtungen: so ist die nämliche Wirkung, als wenn der flüßige Körper auf die ruhende Fläche anstieße mit der Geschwindigkeit $C + c$. In diesem Falle aber wäre die Wirkung auch, wie das Quadrat dieser Geschwindigkeit $= C^2 + 2Cc + c^2$.

Zusatz. Daraus folgt, daß die Wirkung des Wassers auf Maschinen, z. B. auf Räder, welche von demselben bewegt werden, von Anfange am stärksten sey, da die Maschine noch ruhet, hingegen in dem Verhältnisse abnehme, wie die Bewegung der Maschine beschleunigt wird, bis endlich die Kraft des flüßigen Körpers dem Widerstande gleich ist.

§. 173.

Aufgabe. Wie das Verhältniß der respektiven Geschwindigkeit eines flüßigen Körpers und der Maschine zu finden sey, daß in einer bestimmten Zeit die größte Wirkung erhalten werde.

Auflösung. Die Wirkung ist proportional dem Momente der Maschine. Dieses aber entsteht, wenn die Geschwindigkeit, mit welcher die Maschine bewegt wird, mit der Kraft, welche sie von der Wir-

kung

kung des flüßigen Körpers erhält, multiplizirt wird. Diese Kraft ist, wie das Quadrat der respektiven Geschwindigkeit des flüßigen Körpers. (§. 172.) Daher wenn die Linie AB die Geschwindigkeit des flüßigen Körpers, (Fig. 53.) die Linie AC die Geschwindigkeit der Maschine ausdrückt: so ist die respektive Geschwindigkeit des flüßigen Körpers = CB, und die Wirkung desselben auf die Maschine = CB^2; folglich das Moment der Maschine = $AC \times BC^2$, welches hier das Größte seyn muß.

Wenn demnach $AB = a$, $BC = x$, $AC = a - x$. So ist $AC \times BC^2 = ax^2 - x^3 =$ dem Größten.

$$ax^2 - x^3 = y.$$

$$2axdx - 3x^2dx = dy = 0$$

$$2a = 3x$$

$$x = \tfrac{2}{3}a = BC$$

$$AC = a - x = a - \tfrac{2}{3}a = \tfrac{1}{3}a.$$

Folglich muß die Geschwindigkeit AC der Maschine seyn $\frac{1}{3}$ Geschwindigkeit AB des flüßigen Körpers, damit zur bestimmten Zeit die größte Wirkung erhalten werde.*

Zusatz. Weil in diesem Falle die absolute Wirkung des flüßigen Körpers ist $AB^2 = 9\,AC^2$; und die respektive Wirkung auf die Maschine wie $CB^2 = 4\,AC^2$; so folgt, daß die Wirkung des flüßigen Körpers auf die Maschine seyn müße $\frac{4}{9}$ der absoluten Kraft

* Gravesande, *phys. elem. L.* 3. *c.* 12. It. *de machinis hydraulicis c.* 14.

Kraft desselben, damit in einer bestimmten Zeit die größte Wirkung erhalten werde. Deswegen wenn die Kraft des Wassers ist $= 100$ tt; so ist seine respektive Wirkung $= \frac{400}{9}$ und das Moment der Maschine $= \frac{400}{9} \times \frac{1}{3} = \frac{400}{27} = 15$ beynahe, wenn die Geschwindigkeit des flüßigen Körpers angenommen wird $= 1$.

Zusammenhang, cohaesio, und Anhang, adhaesio, der Körper.

Daß die Wissenschaft von dem Zusammenhange der Körper, besonders von der Stärke der festen Körper, wie auch von dem Anhange der flüßigen an feste, zur Untersuchung der meisten Naturgeheimnisse nothwendig, und äußerst wichtig sey, ist eine ausgemachte Wahrheit. Darauf gründet sich vorzüglich jener Theil der Baukunst, welcher von der Festigkeit und Dauer der Gebäude handelt. Davon hängt ab die Theorie von den Harröhrchen, deren Gebrauch und ausgebreiteter Nutzen niemand unbekannt ist, der sich mit Untersuchung und Kenntniß der Natur beschäftiget. Diese Theorie ist unentbehrlich bey der Lehre von der Auflösung der Körper, wovon die meisten Grundsätze der Chymie, ein großer Theil der Physiologie, Pathologie, Therapeutik, viele Kenntnisse der Oekonomie 2c. in einer unzertrennlichen Reihe abhangen.* I. Ar-

* Die Geschichte dieser Wissenschaft, von ihrem Ursprunge bis

I. Artikel.

Zusammenhang der Körper insgemein.

§. 174.

Erfahrungen. 1.) Die Theile eines jeden sowohl festen als flüßigen Körpers hangen auf eine gewisse Art unter sich zusammen. Dieses schließt man aus der Größe der Kraft, welche man anwenden muß, wenn man dieselben von einander trennen will.

2.) Alle feste Körper, deren Oberfläche glatt geschliffen ist, hangen durch bloses aufeinander legen so zusammen, daß es schwer hält, sie von einander zu ziehen; z. B. wenn zwey ebene, wohlgeschliffene Spiegelgläser auf einander gelegt werden. Uiberhaupt alle feste Körper, zu Staube zerrieben, und auf andere Körper zerstreuet, hangen mit denselben zusammen.

3.) Tröpfchen aller flüßiger Körper *, sobald sie einander berühren, hangen zusammen. Alle Flüßigkeiten hängen sich an die meisten festen Körper, so gar an Fette, wenn sie fein aufgelöst z. B. in Gestalt der Dünste oder Dämpfe dieselben berühren.

§. 175.

bis auf seine Zeit, giebt Musschenbroek *in præfat. ad introd. de cohær.* wo er zeigt, was der eigentliche Erfinder Galiläi, und nach ihm Blondel, Marchetti, Fabry, Pardies, Mariotte, Leibniz, de Lanis, Varignon, Parent, J. Bernoulli, Hoste, Grandi u. a. m. geleistet haben.

* Einerley Art; oder die eine chemische Verwandschaft mit einander haben.

§. 175.

Lehrs. Aus obigen Erfahrungen folgt, daß der Zusammenhang aller fester Körper unter sich und der flüßigen Körper an feste eine allgemeine Eigenschaft der Körper sey.*

Anmerk. 1. über die Erfahrung 2. Aus dem, daß viele feste Körper, wenn sie an einander gedruckt werden, wieder von einander fallen, folgt nicht, daß dieselben auf keine Weise zusammen hangen. Denn 1.) ist das Gewicht des einen Körpers oft größer, als die Kraft des Zusammenhanges, und alsdenn kann man dieselbe nicht so leicht empfinden. 2.) Oft berühren auch solche Körper nicht auf gehörige Weise einander, indem die Oberflächen zu rauh sind. Ein einziges auf einer übrigens wohlgeschliffenen Oberfläche hervorragendes Theilchen macht nicht selten eine Hinderniß.

Anmerk. 2. über Erfahr. 3. Es giebt zwar flüßige Körper, welche in größern Tröpfchen, wenn sie an gewisse feste Körper gebracht werden, nicht anhangen, sondern ganz wieder abfallen; z. B. wenn auf Holz, Glas, u. d. g. die meisten Metalle ausgenommen, Quecksilber gegossen wird. Das nämliche geschieht, wenn z. B. Glas, Holz in Quecksilber eingetaucht, und wieder herausgezogen wird. Aber daraus ist nicht zu folgern, daß zwischen diesen festen Kör-

* Dieser Satz scheint zu allgemein zu seyn, als daß er nicht noch unterschiedliche Ausnahmen und Einschränkungen verdiene. Vielleicht hieße es besser: ein Zustand der Körper von modifizirter Wahlanziehung bewirkt.

Körpern und den flüßigen gar keine Anhängungskraft sey. Denn wenn die Quecksilber-Tröpfchen kleiner gemacht, und von der übrigen Masse abgesondert werden, doch so, daß man sie noch sehen kann; so hängen sie sich an jede Körper an. Daß also die größern Tröpfchen nicht hangen bleiben, kömmt daher, weil entweder der Zusammenhang der Theilchen A, C, (Fig. 65.) welche den festen Körper QSR berühren, mit den Theilchen D, F, G, B stärker ist, als die Anhängungskraft an den festen Körper; oder weil die Schwerkraft größer ist, als dieselbe. Das ist auch die Ursache, warum viele Körper, wenn sie in Quecksilber eingetaucht, und wieder herausgezogen werden, nichts davon mit sich nehmen.*

Anmerk. 3. Da gesagt wird, daß Körper, wenn sie einander gehöriger Maßen berühren, zusammenhangen, so ist hier nur die Rede von einer physischen Berührung, welche für sich betrachtet nicht als die Ursache des Zusammenhangs, sondern nur als ein Mittel oder Bedingniß anzusehen ist, ohne welche die Anziehungskraft der Elemente, wovon der Zusammenhang der Körper abhängt, ihre Wirksamkeit nicht äußert.**

§. 176.

* Wie, wenn gefragt würde, warum die Theilchen des Quecksilbers stärker unter sich zusammen hangen, als an die benannten festen Körper? Es ist ein Phänomen, welches aus den Wirkungen bekannt ist, ohne daß wir die eigentliche Ursache davon ergründen können. s. §§. 34. 35. mit Anmerk.

** s. oben §. 33.

§. 176.

Erfahrung. 1.) Wenn zween Körper einerley oder verschiedener Art, zwar zusammen hangen, jedoch auf ihren Oberflächen, mit welchen sie sich berühren, mehr geschliffen werden, so hangen sie stärker zusammen. 2.) Der Zusammenhang wird stärker, wenn die Oberflächen vergrößert werden. 3.) Wenn etwas flüßiges dazwischen gelegt wird. 4.) Wenn dieses flüßige Wesen mit der Zeit oder durch die Kälte erhärtet. 5.) Wenn die Körper stark zusammengedruckt werden, z. B. ein Schneeball, frisches Brod; Metalle, wenn sie gehämmert werden ꝛc. *

Da bey allen diesen Versuchen z. B. durch Schleifung und Vergrößerung der Oberfläche nichts anders verursachet wird, als daß sich mehrere Punkte einander berühren; da ferner durch Dazwischenlegung einer flüßigen Masse die Grübchen, die man auch bey den glattesten Körpern mit einem Vergrößerungsglase entdecket, ausgefüllt, und hiemit ebenfalls mehrere Punkte zur wechselseitigen Berührung gebracht werden: so scheint in der Natur gegründet zu seyn folgender

Lehrsatz. Der Zusammenhang ist stärker, wenn mehrere Punkte sind, in welchen sich die Körpertheile berühren.

II. Arti-

* Mußchenbroek, *instit. phys. c.* 20.

II. Artikel.

Zusammenhang fester Körper.

§. 177.

Wie stark feste Körper zusammenhangen läßt sich schließen aus einer entgegengesetzten Kraft V, welche mit der zusammenhangenden Kraft im Gleichgewichte ist, oder welche gerade so groß, als die Kraft, mit welcher die Körpertheile zusammenhangen, so zwar, daß, wenn jene nur ein wenig vermehrt wird, diese von einander getrennt werden. Daher kann die Stärke der Körper durch Versuche bestimmt werden, z. B. wenn an einen Körper AB in B ein Gewicht N gehängt wird, ohne daß er zerbreche; (Fig. 54.) aber von einem Gewichte N + 1 zerbrochen wird. Die gesuchte Stärke des Körpers ist zwar kleiner als N + 1; aber auf diese Weise werden doch zwo Gränzen gefunden, zwischen welchen die Stärke des Körpers sich beträgt. Damit alles genau geschehe, so muß zu der brechenden Kraft P annoch das eigene Gewicht des abgerissenen Theils CB gerechnet werden, weil die zusammenhangende Kraft C das Gewicht CB hat tragen müssen.

§. 178.

Die Stärke der Körper kann in die absolute, und respektive eingetheilt werden. Die erste ist die Kraft, mit welcher ein Körper widersteht, daß er nicht zerbrochen werde von einer andern Kraft, wel-

che

che so wirkt, daß sie nicht vergrößert werde durch einige Entfernung von dem Orte des Bruches. Z. B. Wenn ein Faden AB, befestiget an einem Haken A, (Fig. 54.) angezogen wird von einem Gewichte P nach der Richtung AB. Die Respektive ist die Kraft, welche ein Körper äußert gegen eine andere Kraft, die so wirket, daß sie durch die Entfernung von dem Orte des Bruches verstärkt wird. Z. B. Wenn ein Balken ACE mit dem Theile ABCD wagerecht in eine Oefnung eingelassen ist, (Fig. 55.) und ein Gewicht P an dem äußersten Theile druckt in einer auf CE senkrechten Richtung und in der Entfernung EC.

Zus. Wenn die Rede ist von der absoluten Stärke, so ist diese der Kraft gleich, welche für sich eben so stark ist, als der Widerstand des zu brechenden Körpers. Ist aber die Rede von der respektiven Stärke, so wirket das Gewicht in einer Entfernung nach der Art eines Hebels, weil die Kraft des Gewichtes durch die Entfernung vermehrt wird.

A.

Absolute Stärke.

§. 179.

Aufgabe. Zu bestimmen die absolute Stärke zweener Körper, welche von einerley Materie sind, einerley Länge haben, aber verschiedene Dicke; doch so, daß ein jeder für sich der ganzen Länge nach gleich dick ist.

Auflös.

Auflös. Es seyn zween Zylindrische Körper A und C, deren einzelne Theile mit gleicher Kraft zusammenhangen. Man kann sich vorstellen, daß der dickere Zylinder C aus einigen dünnern A zusammengesetzt sey, deren jeder so stark ist, als A. Folglich ist die Stärke des Zylinders A zur Stärke des Zylinders C, wie die Einheit zur Zahl der Zylinder, aus welchen der Zylinder C zusammengesetzt ist. Daher ist die absolute Stärke in diesem Falle im geraden Verhältnisse der Dicke. Der nämliche Beweis gilt auch für prismatische Körper.

Zus. 1. Da diese Körper aus einerley Materie und von gleicher Länge sich gegen einander verhalten, wie ihre Grundflächen; diese wie die Quadraten der Durchmesser oder gleichnamiger Seiten: so ist auch die Stärke dieser Körper, wie die Quadraten der Durchmesser oder gleichnamiger Seiten.

Zus. 2. Wenn man nach angestellten Versuchen erfahren hat, was für eine Stärke ein Körper von gewisser Dicke habe; so kann man leicht bestimmen, wie die Stärke sich verhalte, wenn die Dicke ab- oder zunimmt. Z. B. Die bestimmte Dicke eines Körpers sey $= c$, seine Stärke, oder das Gleichgewicht, welches er tragen kann, sey $= P$; alsdenn messe man die Dicke des Körpers $= C$, dessen Stärke x man sucht: so ist $c : P = C : x$, oder $x = \frac{CP}{c}$.

Anmerk. Wenn alles übrige gleich ist, so ist die Auflösung der vorherigen Aufgabe ganz richtig. Es kömmt aber verschiedenes in unterschiedlichen Körpern vor, welches verursacht, daß die angegebene

Pro-

Proportion in der Anwendung nicht so genau zutrifft. Folgende Bemerkungen von Stricken, Metallen, Hölzern, deren Stärke wohl zu kennen viel daran gelegen ist, geben den Beweis davon.

§. 180.

Von Stricken u. d. g.

I. Herr Du Hamel * hat vier Stricke gemacht. Der erste bestand aus sechs Fäden, der andere aus neun, der dritte aus zwölf, der vierte aus achtzehn Fäden. Alle Fäden waren gleich dick und stark. Der Strick aus sechs Fäden hielt 631 tt., ehe er zerbrach. Folglich hätte der zweyte 946 tt. halten müssen; der dritte 1262 tt.; der vierte 1893 tt. Aber der zweyte hat 1014, der dritte 1564, der vierte 2148 tt. gehalten.

II. Das Zusammendrehen der Fäden ist an sich der Stärke der Stricke nachtheilig, so zwar, daß ein Strick aus sechs zusammengedrehten Fäden weniger Gewicht halten kann, als wenn er aus parallel laufenden Fäden zusammengesetzt ist. Denn a.) die Fäden können nicht gekrümmt werden, ohne daß ihre Theile gespannt werden; welches eben so viel macht, als wenn wirklich schon ein Gewicht daran hienge. c.) Da an einen solchen Strick ein Gewicht gehängt wird; so wird derselbe verlängert, und also verdünnert; die Theile weichen, bewegen sich über und gegen

* L'art de la corderie.

gen einander, und reiben sich ab; hiemit wird der Zusammenhang verringert. Das geschieht bey einem nicht gedrehten oder ungewundenen Stricke nicht.

III. Man pflegt aber die Fäserchen von Hanf, Flachs, Wolle zu drehen und in einander zu verwickeln, weil sie an sich zu kurz sind, als daß aus ihnen ihrer Länge nach dickere Fäden und Stricke können gemacht werden. Nebst dem sind die dünnen Fäden sehr selten durchaus in ihre Länge gleich stark, sondern da schwächer, dort stärker. Da also diese mit jenen verwickelt und vereinigt werden; wird die Stärke vermehrt.

IV. Je weniger die Stricke gekrümmt und gedreht werden, desto stärker sind sie. Die Seiler pflegen sie so zu drehen, daß sie 1/3 ihrer Länge kürzer werden. Daß sie aber dadurch geschwächt werden, beweißt Muschenbroeks Versuch *, indem ein hänfener Strick, welcher nur 1/5 seiner Länge kürzer gemacht worden war, 6200 tt. gehalten hat; da ein anderer von der nämlichen Materie und Schwere, welcher 1/3 kürzer gemacht war, nur 4098 tt. hielt.

V. Je feiner der Hanf oder Flachs gehechelt ist, desto stärkere Stricke giebt er. So ist ein Strick von schlecht gehecheltem Hanfe von 5754 tt. zerrissen; da ein anderer, eben so dick und schwer, aber aus feinern Fäden, 6638 tt. gehalten hat. Durch das fleißige Hecheln werden die rauhen, brüchigen fremdartigen

* *Introd. ad cohær. c.* 4. *de cohær. funium intortorum.* — Mersennus, *l.* 3. *Harmonic. prop.* 16. — Reaumur, *Hist. de l'acad. roy.* 1711.

gen Theile, die nicht wohl mit den andern zusammenhangen, hinweg gebracht. *

VI. Ein trockner Strick kann mehr Gewicht tragen, als ein feuchter. Da ein trockener 5400 tt. hielt, hat der nämliche befeuchtet nur 4000 tt. gehalten. Die Feuchtigkeit treibt die Fibern auseinander, und löst sie auf.

VII. Leinwande und Stricke sind an Stärke unterschieden, nachdem der Flachs oder Hanf auf einem bessern oder schlechtern Boden gewachsen ist, und nachdem die Witterung feuchter oder trockner, kälter oder wärmer gewesen ist.

VIII. Die Stärke ist auch verschieden, nachdem der Hanf oder Flachs den gehörigen Grad der Fäulniß erhalten hat. Wenn er zuviel gefault hat, so giebt es schwächere Fäden und Stricke: hat er aber zu wenig gefault, so bleiben die Fasern zu starr und spröde.

§. 181.

Von Stärke der Metalle.

Gegossene zylindrische metallische Fäden, von 0,1 rhein. Zoll im Durchmesser, sind, wie Mußchenbroek ** berichtet, von folgenden Gewichten zerrissen.

Stär-

* Insgemein je feiner die ersten Fäden oder Fäserchen von Natur sind, woraus Stricke oder Kordeln gemacht werden; desto größer ist, wenn das übrige gleich ist, ihre Stärke; so ist Seide stärker, als Spinnengewebe, Flachs, Menschenhaar, Pferdshaar u. s. w.

** l. c. 3. c.

Stärke.			Spezifische Schwere.
Gold von tt. . . .	500.	—	19,640.
Eisen . . .	450.	—	7,645.
Silber . .	370.	—	11,091.
Zinn . . .	49 1/4	—	7,320.
Bley . .	29 1/4	—	11,310.

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Stärke dieser Metalle gar nicht sey im Verhältnisse der spezifischen Schweren. *

Bey Untersuchung der Stärke der Metalle ist wohl zu beobachten, ob sie nur gegossen, oder auch gehämmert seyn. Denn die gehämmerten sind gewöhnlich stärker, weil sie durch das Schlagen mehr verdichtet werden. Das nämliche Metall, welches gegossen nur 638 tt. getragen hat, trug, nachdem es geschlagen war, 1098 tt. Ferner ist zu bemerken, daß bald reine Metalle, bald verschiedentlich vermischte gebraucht werden; die Mischung aber die Stärke bey einigen vermehre, bey andern vermindere.

Z. B. I. Gold wird von beygemischtem Silber stärker. Die größte Stärke wird erhalten, wenn zu zweenen Theilen Gold ein Theil Silber gemischt wird. Die Stärke nach solcher Mischung verhält sich zur Stärke des reinen Goldes, wie 57 : 40. Wenn Kupfer unter Gold gemischt wird, so erlangt das Gold eine noch so große Stärke, als vom Silber; am stärksten wird es, wenn z. B. zu sieben Unzen Gold eine Unze Kupfer gemischt wird.

II.

* Introd. *ad cohaer.* c. 2.

II. Die Stärke des Silbers wird vermehrt durch beygesetztes Kupfer. Wenn zu vier Unzen Silber eine Unze Zinn gemischt wird, wird es auch stärker; kömmt aber mehr darunter, z. B. zwo oder drey Unzen, so wird es sehr gebrechlich. Das nämliche geschieht von beygemischtem Bley, Zink und Wißmuth.

III. Der Zusammenhang des Kupfers wird verstärkt, wenn 1) zu fünf oder sechs Unzen Kupfer eine Unze Zinn; oder 2) zu vier Unzen Kupfer drey Unzen Zink eingeschmelzt werden. Von Wißmuth und Eisen wird es sehr brüchig.

IV. Die Stärke des Zinns wird viel größer durch Beymischung des Bleyes, besonders wenn zu drey Theilen Zinn ein Theil Bley genommen wird. Zinn wird auch stärker, wenn 1) zu drey oder vier Unzen eine Unze Wißmuth, oder zu zehn Unzen eine Unze Zink, oder zu drey Unzen Zinn eine Unze Spiesglaskönig zugesetzt wird.

V. Bley erhält durch Zinn, Zink und Wißmuth mehr Stärke. Wenn ein wenig Spiesglaskönig z. B. eine Unze zu acht Unzen Bley gemischt wird, so giebt es demselben einen starken Zusammenhang; schwächt aber denselben, wenn es in größerer Menge zugesellt wird.

§. 182.

Von der Stärke des Holzes.

Herr von Mußchenbroek * hat mit vierkantigen Hölzern, deren jede Seite $\frac{27}{100}$ rhein. Zoll hatte, Versuche

* Introd. *ad cohaer. c.* 2. — Buffon, experiences sur la force du bois. *Mem. del'acad. roy. des scienc.* 1740. - 41.

suche angestellt, und gefunden, daß sie von folgenden Gewichten sind zerrissen worden. Auch hier war die Stärke nicht nach dem Verhältnisse der spezifischen Schwere.

Stärke.		spezif. Schwere.
Buchenholz — von 1250 tt.	—	0,854.
Eschenholz — — 1250.	—	0,845.
Eichenholz — — 1150.	—	0,929.
Ulmenholz — — 950.	—	0,600.
Tannenholz — — 600.	—	0,550.

Wenn jemand die Musschenbroekischen Versuche wiederholte: so würde der Erfolg in manchem verschieden seyn. Denn die Stärke der Hölzer von einerley Gattung kann aus unterschiedlichen Ursachen größer oder geringer seyn, wie aus folgendem zu ersehen ist.

I. Wenn der Stamm eines Baums quer durchschnitten wird: so zeigen sich mehrere Ringe, welche man die Jahre des Baums nennt, weil man daraus auf das jährliche Wachsthum desselben in die Dicke zu schließen pflegt.* Das Herz des Baums ist gewöhnlich nicht in der Mitte, sondern bald der nördlichen, bald der südlichen, oder auch der östlichen oder westlichen Seite näher. So ist auch ein und der nämliche Ring nicht allzeit von gleicher Dicke. Gegen die Seite, wo mehrere und stärkere Wurzeln und Aeste sich befinden, sind die Ringe gemeiniglich dicker;

* S. meine Naturgeschichte 1782. Th. 1. Absch. 1. Abh. 1.

dicker; vermuthlich, weil da der Nahrungssaft häufiger zufließt.

II. Die Ringe sind auch an Festigkeit sehr unterschieden. Nach den Erfahrungen des Herrn Du Hamel*, sind bey gesunden jungen Bäumen die Ringe zunächst an dem Herzen die festesten; bey alten hingegen diejenigen, welche zwischen denen liegen, die einer Seits an das Herz, anderer Seits an die Rinde gränzen.

III. Bäume von der nämlichen Gattung z. B. Eichen, welche auf unterschiedlichem Boden wachsen, sind oft an Härte, Dichtheit und Stärke sehr unterschieden. Dasjenige Eichenholz ist das stärkste, welches auf einem mittelmäßig lockern und mehr trockenen als feuchten Boden gewachsen ist. Herr Du Hamel hat aus Versuchen erfahren, daß dergleichen Hölzer ungefehr fünfmal mehr Last haben tragen können, als andere. Denn er hat gefunden, daß sie mehr natürlichen Leim haben, welcher die Fibern und Ringe miteinander vereinigt; nebst dem daß sie auch engere Poren haben, und hiemit dichter seyn.

IV. Eichen, welche in warmern Ländern, wie in Spanien und in dem mittägigen Frankreich, gewachsen sind, sind gewöhnlich härter und dichter, und der Fäulniß weniger unterworfen, als andere aus kältern Ländern. Denn 1) der Nahrungssaft wird in wärmern Gegenden von der Sonnenhitze mehr gereiniget, und dadurch geschickter gemacht in die Substanz des Holzes überzugehen. 2) Weil die Ausdünstung bey größerer Hitze vermehrt wird, werden die

* Abhandl. von Bäumen rc. a. d. Französisch. übersetzt. Nürnb. 1762.

die überflüßigen Feuchtigkeiten leichter hinweggeschafft. Dadurch muß die Festigkeit des Holzes zunehmen. Aus der nämlichen Ursache geben auch in unsern Gegenden diejenigen Bäume meistens ein stärkeres Holz, welche gegen die Mittagsseite gepflanzt sind, als andere gegen die nördliche.

V. Bäume, welche am Fuße der Berge, an den Gränzen dichter Wälder, in Klauern, Wällen u. d. gl. wachsen, haben gewöhnlich ein dauerhafteres Holz, als andere. Denn sie sind der freyen Luft und der Sonnenhitze mehr ausgesetzt; erhalten daher mehr und bessern Nahrungssaft. Bekanntlich geht die Nahrung auch aus der Luft durch die Blätter und Rinde in die Pflanzen.

VI. Wenn Bäume, ehe sie gefällt werden, der Rinde beraubt werden, und so entblößt nach und nach absterben; nehmen sie an Dichtheit, Härte und Festigkeit ungemein zu; und geben ein viel stärkeres Holz, als jenes ist, wo die Rinde erst alsdann hinweggenommen wird, nachdem die Bäume schon gehauen sind. Dieses beweisen die Versuche, welche mehr belobter Schriftsteller deswegen angestellt hat. Die wahrscheinliche Ursache davon ist, weil 1) ein Baum, z. B. eine Eiche, von der Rinde entblößt noch einige Jahre sein Leben zwar erhält; aber doch sehr wenige Zweige hervorbringt; da indessen 2) der Stamm an Dicke nicht mehr zunimmt, weil nach abgezogener Rinde die Materie fehlt, woraus neue Ringe entstehen, und der Splint, wie auch das Holz anwachsen können. Deswegen wird der Nahrungssaft größten Theils zur Vermehrung der Dichtheit und Härte ver-

wendet. Es ist aber zu bemerken, daß die Rinde abgestreift werden müße, da die Bäume in vollem Safte sind. Denn nebst dem, daß alsdann dieses leichter geschieht, lehrt anch die Erfahrung, daß die Bäume geschwinder absterben, wenn sie ihrer Rinde beraubt werden, ehe sie schon Saft angezogen haben. Aber auch die Erfahrung lehrt, daß das Holz der Bäume desto dauerhafter sey, je länger sie nach abgezogener Rinde noch gelebt haben.

VII. Daß wohl getrocknetes Holz stärker sey, als grünes, ist aus der täglichen Erfahrung gewiß. Wenn ein Balken, der noch nicht recht trocken ist, an ein Ort gelegt wird, wo er nicht gehörig ausdünsten kann; so verdirbt der Saft und das Holz. Daher ist es kein Wunder, daß 1) die äußern Theile eines Balkens oft verfaulen, wenn sie, ohne vorher gehörig ausgetrocknet zu haben, in Mauern eingeschlossen werden, wodurch die Ausdünstung verhindert wird. Wenn nebst dem der Ort noch feucht und warm ist: so wird die Faulniß um so mehr beschleunigt. Es ist 2) nicht rathsam, Hölzer, welche nicht gehörig trocken sind, mit Oel, Pech oder einer andern fetten Materie zu überziehen; denn dadurch werden die Poren verschlossen, die Ausdünstung wird verhindert, und hiemit verursacht, daß sie oft geschwinder verderben, als wenn sie blos dem Winde und Wetter ausgesetzt wären. Indessen wenn ein Holz alle seine Feuchtigkeit verloren hat, so verliert es auch seine Festigkeit, wie gebrannte Gips-Marmorsteine, u. d. gl. Wieviel Zeit aber erfodert werde, damit das Holz gehöriger Maßen austrockne,

kann

kann nicht genau bestimmt werden. Zwey oder drey Jahre sind gemeiniglich genug zur gröbern Holzarbeit; zu feinern Werken ist trocknere Holz zu gebrauchen.*

VIII. Das Holz der Luft, dem Winde, der Sonne ganz frey zum Trocknen aussetzen, ist nachtheilig. Denn 1) wird es oft, da es kaum etwas trocken ist, wieder von dem Regen, Thaue und andern feuchten Dünsten benetzet; bald wieder bey hellem und trocknem Wetter davon befreyet; wodurch geschieht, daß die Fibern jetzt zusammengezogen, jetzt ausgedehnt, und also durch diese veränderliche Wirkungen geschwächt werden. Nebstdem nimmt das feuchte Wesen, wenn es beym Ausdünsten wieder verfliegt, allzeit etwas von den Bestandtheilchen des Holzes mit sich weg. 2) Der Regen dringt durch die Rize ins Holz, wird faul, und verderbt öfters die ganze Masse; besonders wenn sich inwendig schon etwas von Fäulniß angesetzt hat. Nicht selten geschieht es dadurch, daß ein Stuck Holz von außen her gesund und gut aussieht, und doch inwendig ganz verdorben ist. 3) Wenn das Holz der Sonnenhitze und den trocknen Winden frey ausgesetzt ist, trocknet es zu schnell, und bekömmt mehrere Ritze, weil die Feuch-

* Migneron zu Paris hat eine Art erfunden, durch das Austrocknen allen Arten von Holz eine besondere Festigkeit zu geben. Durch diese Zubereitung erhält das Holz eine solche Stärke, daß ein Stuck, welches von 650 tt brach, da es noch frisch war, nach der Zurichtung 2575 tt trug. Gothaer Magaz. 1 B. 3. St. 149. S.

Feuchtigkeit zu häufig und schnell verfliegt, und zugleich viel von dem klebrichten Safte mit sich fortreißet, der die Holzfibern zusammenhalten hilft.

Da aber aus Abgange der besondern Behälter das Holz oft in freyer Luft zum trocknen aufgesetzt werden muß: so kann folgendes mit Nutzen beobachtet werden. 1) Der Boden, auf welchem es soll gelegt werden, wäre zu platten oder mit einem Mertel zu überziehen, damit das Holz von untenher von den aufsteigenden Erddämpfen nicht beschädigt würde; und damit das Regenwasser nicht stehen bleibe, wäre der Boden etwas abhängig zu machen. 2) Wäre die unterste Holzlage etwas von der Erde zu entfernen, damit die Luft unten durchstreichen könne; und so 3) wären zwischen jede Lage von Balken oder Brettern kleine Holzstücke aus der nämlichen Ursache zu legen.

Wenn man aber besondere Hütten oder Schoppen hat, unter welchen das Holz zum Austrocknen aufbewahrt werden kann; so ist nebst dem, was schon erinnert worden ist, zu bemerken, daß der Luft einiger Zugang zu gestatten sey, damit die Fäulniß abgehalten werde, welche sonst zu befürchten ist.

IX. Es sind einige, welche für nützlich halten, daß man das Holz, so bald es gehauen ist, einige Monate hindurch unter das Wasser versenkt aufbewahre. Hierüber hat Herr Du Hamel viele Versuche so genau, als möglich ist, angestellt.* 1) Die mei-

* De la conservation des bois.

meisten Hölzer bleiben zur Zeit, wo sie im Wasser liegen, in einem und dem nämlichen Stande; verderben nicht, und verlieren auch nichts von ihrer Stärke; ja wenn sie etwa schon vor ihrer Eintauchung von einer Faulniß angegriffen waren; so werden sie bewahrt, daß dieses Uibel nicht weiter um sich greife. Das Wasser dringt in großer Menge in die Poren des Holzes; umgiebt die kleinsten so wohl Holz- als fremden Theilchen; verdünnet diejenigen, die etwa schon sehr zur Faulniß geneigt sind; und verhindert dadurch, daß sie nicht unmittelbar oder nicht so stark aufeinander wirken können. Das Gegentheil geschieht, wenn Holz in feuchter Erde sich befindet. 2) Das Wasser vermischt sich mit den klebrichten harzichten und gummiartigen Säften, welche den Holzfibern ihren Zusammenhang und die Festigkeit zum Theile verschaffen; und verdünnet sie. Daher wenn das Holz nach drey oder vier Monathen wieder aus dem Wasser gezogen, und in der freyen Luft schnell getrocknet wird: so reißen die davon fliegenden Wasserdünste viele leimichte Theilchen mit sich fort. Daher ist es kein Wunder, daß solche Hölzer viele Risse bekomme, und schwach werden; welches jedoch nicht zu befürchten ist, wenn sie, nachdem sie wieder aus dem Wasser gekommen sind, nach und nach unter bedeckten Schoppen getrocknet werden. 3) Der größte Vortheil, welchen die Hölzer durch die Eintauchung unter dem Wasser erhalten, besteht darinn, daß sie nachgehends von dem Wurme befreyet bleiben.*

B.

* Hierüber läßt sich nichts im allgemeinen sagen; denn

B.

Respektive Stärke.

§. 183.

Da von der respektiven Stärke der Körper gehandelt wird, muß die Theorie von dem Winkelhebel angewandt werden. Es sey ein Parallelepipedum ACE an einem Ende ABCD wagerecht in eine Mauer eingelassen (Fig. 55.), und eine Kraft P an dem andern Ende bestrebe sich, das Parallelepipedum in einer auf AB senkrechten Richtung zu brechen: so ist die Fläche des Bruches ABCD. Die Unterlage, um welche der Bruch geschieht, ist die Linie CD. Die Last oder der Widerstand ist der Zusammenhang aller Fibern, welche in der Ebene ABCD sollen gebrochen werden, oder die absolute Stärke des Parallelepipedums = V. Die Entfernung der Last wird durch die Linie bestimmt, nach welcher eine jede Fiber von der Unterlage CD entfernt ist. So bestimmt z. B. die Linie AC die Entfernung der Fibern in AB. Die Entfernung der Kraft P von dem Ruhepunkte oder der Unterlage CD wird durch die Linie CE gemessen. Die Größe oder das Moment der brechenden Kraft ist P × CE.

Weil das Parallelepipedum selbst schwer ist, so muß

es ist aus Erfahrungen gewiß, daß sich einige Gattungen Hölzer in dem Wasser, auch in feuchter Erde länger, andere weniger, erhalten; andere, nachdem sie eingetaucht waren, um so ehender verderben.

muß das Gewicht desselben zu der Kraft P addirt werden. Stellt man sich vor, dieses = p hange in dem Schwerpunkte, in der Mitte des Parallelepipedums; und multiplizirt es mit der Entfernung 1/2 CE, so ist sein Moment 1/2 p × CE. Folglich ist das ganze Moment der brechenden Kraft $= \overline{P + 1/2\, p} \times CE$.

In folgenden Aufgaben wird Kürze halber dieses Moment zusammen genommen, und mit einem Buchstaben P oder Q bezeichnet werden.

§. 184.

Aufgabe. Es seyn zwey gleichartige Parallelepipeden ABF und ABE, die nur an Länge unterschieden, (Fig. 55.) und an einem Ende wagerecht in eine Wand eingeschlossen seyn. Wie wird das Verhältniß der Kräfte Q und P gefunden, welche in F und E angewandt werden, die Parallelepipeden zu brechen?

Auflös. Weil beyde Parallelepipeden gleich dick und von einerley Materie sind; hiemit ihre absolute Stärke in ACBD gleich ist: so müßen auch die Momente der brecheuden Kräfte P und Q gleich seyn; folglich P × CE = Q × CF.

Daher P : Q = CF : CE.

Oder die brechenden Kräfte sind im verkehrten Verhältnisse der Längen beyder Parallelepipeden.

Zus. Daraus erhellt, daß eine geringere Kraft erfodert werde, ein längeres Parallelepipedum zu brechen; und daß ein kürzeres von gleicher Dicke eine größere Last tragen könne.

§. 185.

§. 185.

Aufg. Wenn zwey gleichartige Parallelepipeden nur an der Breite AB unterschieden sind: wie ist das Verhältniß der brechenden Kräfte gegeneinander?

Auflös. Wenn an beyden Parallelepipeden die Länge CE und die Höhe CA gleich ist; das Parallelepipedum ABCDE aber (Fig. 55.) noch einmal so breit ist, als das andere: so muß auch die brechende Kraft noch einmal so groß seyn, weil V oder die absolute Stärke noch einmal so groß ist. Daher sind in diesem Falle die brechenden Kräfte gegeneinander im geraden Verhältnisse der Breiten beyder Parallelepipeden.

§. 186.

Aufg. Das Verhältniß der brechenden Kräfte zu finden, wenn zwey homogene Parallelepipeden ABCD und abcd nur an der Höhe AC und ac unterschieden sind.

Auflös. Der Widerstand beyder Parallelepipeden ist 1) unterschieden in Ansehung ihrer Masse oder in der Menge der zu brechenden Fibern, welche sich verhält, wie AC : ac; (Fig. 55. 56.) 2) in Betreff der Entfernung der Fibern von der Unterlage CD und cd, um welche die Kräfte dieselben zu brechen sich bestreben; und diese Entfernung ist gleichfalls, wie AC : ac. Gleichwie nun bey einem Hebel das Moment der Last erhalten wird, wenn die Masse mit der Entfernung vom Ruhepunkte multiplizirt wird: so wird auch hier der Widerstand gefun-

den,

den, wenn die Menge der Fibern mit ihrer Entfernung von der Unterlage multiplizirt wird; diese Produkte aber sind, wie $AC^2 : ac^2$. In dem nämlichen Verhältnisse sind auch die brechenden Kräfte; oder diese verhalten sich in dem angegebenen Falle gegeneinander, wie die Quadraten der Höhen der Parallelepipeden.

§. 187.

Lehrs. Wenn zwey homogene Parallelepipeden an Höhe, Breite und Länge unterschieden sind: so ist ihre Stärke im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Breite, des Quadrats der Höhe, und dem umgekehrten der Länge.

Denn 1) die Höhe des einen Parallelepipedums ABCD heiße A, die Breite B, die Stärke F; die Höhe des andern abcd, sey a, die Breite b, die Stärke f. Die Länge soll an beyden gleich seyn. Man nehme noch ein drittes Parallelepipedum an, welches mit den beyden andern gleiche Materie und Länge habe; seine Stärke heiße K, die Höhe A, die Breite b. Wenn man dieses dritte mit dem ersten vergleicht: so ist $F : K = B : b$. (§. 185.)

Vergleicht man es mit dem zweyten: so ist $K : f = A^2 : a^2$. (§. 186.)

Daher ist $FK : Kf = A^2 B : a^2 b$; und endlich $F : f = A^2 B : a^2 b$.

Wenn 2) die beyden Parallelepipeden auch noch an Länge L und l unterschieden sind: so ist $F : f = A^2 Bl : a^2 bL$; weil ein Parallelepipedum destomehr der brechendenden Kraft widersteht, je weniger diese

von

von der Unterlage entfernt, oder je kürzer der Balken ist.

Zus. Aus dem vorhergehenden ist leicht zu begreifen, warum ein Balken, wenn seine Höhe größer ist, als seine Breite, oder wenn er in der hohen Kante liegt, eine größere Last tragen könne, als wenn seine Breite größer ist, als die Höhe.

Wenn CD > AC, und der Balken auf der Seite ACE liegt, so ist seine Stärke in dieser Lage zur Stärke in der Lage CDE, wie

$$\frac{CD^2 \times AC}{CE} : \frac{AC^2 \times CD}{CE} = CD : AC.$$

§. 188.

In dem §. 184. u. f. ist vorausgesetzt worden, als wären 1) alle Fibern in der Ebene des Bruchs ABCD homogen und von gleicher Stärke; (Fig. 55.) und 2) als wenn die Fibern, ehe sie brechen, weder ausgedehnt, noch zusammen gedruckt würden. Aber keines von beyden ist wirklich so beschaffen. Kaum ist eine Fiber der andern gleich: und die obern Fibern AB z. B. werden ausgedehnt, ehe sie brechen; da hingegen die untern CD z. B. zusammengedruckt werden.

Von diesem zweifachen Hindernisse kömmt es her, daß die angestellten Versuche niemal ganz genau mit der Theorie übereinstimmen. Die Herren Mariotte, Leibnitz, Varignon, Bernoulli, und andere* haben

* Mariotte, traité du mouvement des eaux p. 5. disc. 1. Leib-

ben zwar die Ausdehnung und Zusammenpressung der Fibern, und die Beugung des ganzen Körpers theoretisch untersucht; aber dabey so viele Schwierigkeiten gefunden, daß sich die angegebenen Grundsätze noch nicht völlig haben berichtigen lassen. Indessen da die Auflösung der Aufgaben (§§. 184. 185. 186.) um so mehr mit den angestellten Versuchen übereinstimmt, je härter und unbeugsamer die Körper sind, welche dazu gebraucht werden, dergleichen viele Steine sind; da auch aus den von Musschenbroeck und Du Hamel gemachten Versuchen zu ersehen, daß die Stärke der Hölzer von der angesetzten Proportion nicht garviel abweiche; so kann man bey der gemachten Hypothese einsweilen stehen bleiben.

Es ist noch ferner anzumerken, daß man sich an einem Zwischenorte zwischen CD und AB einen Punkt oder eine Linie denken könne, um welche die untern Fibern zusammengedruckt, die obern ausgedehnt werden; und diese Linie wäre gleichsam im Mittelpunkte oder die Unterlage, wo der Balken zuerst gebrochen wird. Aus diesem folgt a) daß, wenn ein Balken unten in CD bis auf diese Linie mit einer Säge eingeschnitten, und ein Keilchen hineingetrieben wird, die Stärke des Balkens oder der Widerstand der obern Fibern sehr vermehrt werde. Denn

1) wird

Leibnit. *act. erud. Lips.* 1684. — Varignon, de la resistence des solides. *Memoir. de par.* 1702. — Bilfinger, de solid. cohaer. *Comm. ac. petrop. t.* 4. — Muschenbroek, *introd. c.* 5. — Bernoulli, *l'hist. de l'acad. royal.* 1705.

1) wird dadurch verhindert, daß sich der Balken nicht so sehr beuge. 2) Bleibt auf solche Weise die Hauptunterlage an dem äußersten von CD, und hiemit weiter von den obern Fibern entfernt; wodurch nach der Theorie des Hebels der Widerstand vergrößert wird. Ferner folgt b) daß es eins sey, ob bey Gebäuden ein ganzer Balken, oder ein aus kleinern zusammengefügter, wie die gegebene Figur 57. zeigt, gebraucht werde. Es ist aber folgendes dabey zu beobachten. 1) die zwo obern und kürzern Balken B und B sollen so mit dem untern H vereinigt werden, daß sowohl in der gemeinschaftlichen Fuge KD, als auch zwischen den ausgeschnittenen Zähnen CB, CK, CB kleine Räume übrig bleiben, in welche harte Holzkeilchen können geschlagen werden. Denn dadurch wird der Widerstand der Fibern des untern Balkens H, welche die oben aufliegende Last zu beugen oder auch zu brechen sich bestrebt, vermehrt werden. 2) Soll der Einschnitt der Zähne seyn = $\frac{1}{7}$ von der Höhe des Balkens Hb; die Höhe der obern kürzern Balken soll gleich seyn der Höhe des untern längern, wie Herr Du Hamel durch viele Versuche bewiesen hat.

§. 189.

Wenn man annimmt, was §. 188. bedingnißweise vorausgesetzt worden ist; so läßt sich die respektive Stärke z. B. eines hölzernen Balkens leicht bestimmen, wenn nur der Versuch mit einer Gattung gemacht worden ist, und daraus auf andere von der nämlichen Gattung und Figur geschlossen wird. Herr

von

von Muſſchenbroek * hat folgende Versuche gemacht, mit Parallelepipeden, deren jede Seite war = 0,27 rhein. Zoll; die Entfernung der brechenden Kraft von der Ebene des Bruchs = 10 Zoll.

Buchenholz	— brach von	56 1/2 Unzen.
Eichenholz	— — —	48.
Erlenholz	— — —	48.
Ulmenholz	— — —	44.
Kienbaumholz	— —	40.
Tannenholz	— — —	36 1/2.

Wenn nun ein eichener Balken lang wäre 160 Zoll, breit 9 Zoll, hoch 27 Zoll; so ließe sich seine respektive Stärke auf folgende Art finden.

$\frac{0,27 \times 0,27 \times 0,27}{10} : \frac{9 \times 27 \times 27}{160} = 48$ Unzen : x, der respektiven Stärke, welche ist,

$\left(27 \times 27 \times 27 : \frac{27 \times 27 \times 27}{1000000} = 1000000 \text{ Unz.} = 62500 \text{ tt.}\right)$

Weil aber die Hälfte des Gewichtes des Balkens abgezogen werden muß, (§. 183.) und ein Kubitschuh Eichenholz ungefehr 60 tt. wiegt; hiemit der ganze Balken 1350 tt. wöge, dessen Hälfte 675 tt. ist: so bleiben noch 61825 tt. übrig, welche der Balken an seinem äußersten Ende höchstens tragen kann.

§. 190.

Aufg. Wenn der Durchmesser IK eines Baums oder die Diagonallinie IK (Fig. 58.) eines Balkens

* *Introd. ad cohaer. c. 5.*

GIKH gegeben ist: das Verhältniß der Breite zu bestimmen, daß er die größte Last tragen könne.

Auflös. Die Diagonallinie IK sey $= a$; die Breite des Balkens HK $= x$; so ist die Höhe IH $= \sqrt{a^2 - x^2}$. Weil die Stärke des Balkens ist $= IH^2 \times KH$; (§. 187.) so ist auch die größte Last, welche der Balken tragen kann $= IH^2 \times KH = \overline{a^2 - x^2} \times x = a^2x - x^3 =$ der größten Last.

$$a^2x - x^3 = y.$$

$$a^2 dx - 3x^2 dx = dy = 0.$$

$$a^2 = 3x^2;\ \text{folglich}\ a = x\sqrt{3}$$

$$\frac{a}{\sqrt{3}} = x = \text{der Breite HK.}$$

Daher ist die Höhe $IH = \sqrt{a^2 - x^2} = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{3}} = \sqrt{\tfrac{2}{3}a^2} = a\sqrt{\tfrac{2}{3}} = a\sqrt{2} : \sqrt{3}$.

Folglich $HK : IH = \frac{a}{\sqrt{3}} : \frac{a\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{a\sqrt{3}}{a\sqrt{3}\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

Oder die Breite ist zur Höhe, wie $1 : \sqrt{2}$; und wenn man die Wurzel auszieht $= 1 : 1{,}414$ oder $= 2 : 2{,}828$, und schier wie $2 : 3$.

§. 191.

Wenn ein Parallelepipedum AC in der Mitte C eine Ueterlage hat, (Fig. 59.) und von den Gewichten P und p, welche beyderseits am Ende sich befinden, zerbrochen wird: so ist aus dem vorhergehenden klar, daß beyde Gewichte einander gleich seyn müßen. Wenn aber das Parallelepipedum am Ende in A und

B

B seine Unterlagen hätte, und in der Mitte C hienge das brechende Gewicht P: (Fig. 60.) so muß man sich vorstellen, die Unterlagen in A und B wirken und leisten das nämliche, was im vorhergehendem Falle die Gewichte P und p leisteten; und das Gewicht P (Fig. 60.) vertrete die Stelle der Unterlage C, (Fig. 59.) mit dem blosen Unterschiede, daß die Richtungen der druckenden und brechenden Kräfte in diesem und dem vorhergehenden Falle einander entgegengesetzt sind. *

§. 192.

Lehrsatz. Wenn in der Mitte C eines auf zwoen Unterlagen A und B liegenden Parallelepipedums ein brechendes Gewicht ist: (Fig. 60.) so verhält sich dieses zu einem andern Gewichte, welches in E näher an einem Ende sich befindet, wie das Rektangulum AE × EB zum Quadrate AC oder CB.

Die Wirkung der Unterlage A des Parallelepipedums ACB sey = O, und die Wirkung der Unterlage B = Q; die Wirkung der Unterlage A des Parallelepipedums AEB = R, und die Wirkung der Unterlage B = S.

Da die absolute Stärke eines homogenen und gleich dicken festen Körpers eben so groß ist in E, als in C; und das Parallelepipedum in E und in C soll gebrochen werden: so ist

$O \times AC = R \times AE,$

und $Q \times CB = S \times EB.$

Daher $OQ \times AC \times CB = RS \times AE \times EB.$

und $OQ : RS = AE \times EB : AC \times CB : AC^2$ oder CB_2.

* Musschenbr. l. c. 6. 7. 8. c.

Da nun, wie die Produkte der Wirkungen der Unterlagen, also auch die respektive Stärke der Zwischenörter in E und C, und eben so die brechenden Gewichte sich verhalten: so ist das Gewicht in C zu dem Gewichte in E $= AE \times EB : AC^2$ oder CB^2.

Zusatz. 1. Weil $AC^2 > AE \times EB$, so ist das brechende Gewicht in E größer, als das Gewicht in C; oder das Gewicht, welches in C das größte ist, und das Parallelepipedum bricht, ist nicht hinlänglich eben dasselbe in E zu brechen.

Zusatz. 2. Daher je kleiner das Rektangulum $AE \times BE$ gegen das Quadrat AC ist, desto größeres Gewicht kann in E gehängt werden. Deswegen wenn ein Gewicht an einem Punkte E ist $= nP$, so ist $P : nP = AE \times EB : AC^2$.

§. 193.

Aufg. Wenn das größte Gewicht P gegeben ist, welches in der Mitte C eines Parallelepipedums getragen werden kann, und noch ein anderes größeres Gewicht gegeben wird: (Fig. 60.) den Ort an dem nämlichen Parallelepipedum zu finden, an dem dieses Gewicht das größte seyn solle, welches getragen werden könne.

Aufl. Das größere Gewicht sey $= nP$, wo n eine Zahl bedeute, entweder eine ganze, oder eine ganze mit einem Bruche.

AC sey $= a$; und $EC = x$.

So ist $AE = a - x$; und $EB = a + x$.

Hiemit ist das Rektangulum $AE \times EB = a^2 - x^2$.

Weil

Weil (§. 192. Zus. 2.) das Gewicht P hangend in der Mitte C sich verhält zu nP hangend in E = $AE \times EB : AC^2$.

So ist $P : nP = a^2 - x^2 : a^2$.

$$x^2 = a^2 - \frac{a^2 P}{nP}.$$

$$\text{und } x = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{n}}.$$

§. 194.

Aufg. Es seyn zween Zylinder von einerley Materie und Länge, aber an Dicke unterschieden: die respektive Stärke dieser Zylinder zu finden.

Aufl. Es sey amfg die Ebene des Bruches an einem, und AMFG (Fig. 61. 62.) die Ebene des Bruches am andern Zylinder. Da die Stärke dieser Zylinder ist im zusammengesetzten Verhältnisse aus der Breite und dem Quadrate der Höhe, oder = $af^2 \times mg : AF^2 \times MG$; die Breite aber mg = der Höhe af des einen, und die Breite MG = AF der Höhe des andern Zylinders: so ist die Stärke des einen zur Stärke des andern Zylinders = $af^3 : AF^3$, oder im kubischen Verhältnisse der Durchmesser.

§. 195.

Aufg. Es seyn zween Zylinder von einerley Materie und Länge; der eine ganz ausgefüllt, der andere hohl, doch so, daß er an Masse dem erstern gleich sey: das Verhältnis der Stärke dieser Zylinder zu finden.

Auflös. AGMFC stelle den hohlen; EOPRC (Fig. 62.) den ausgefüllten Zylinder vor. Weil die

Masse in beyden gleich ist, so sind die Fibern, da sie gebrochen werden, nur durch die Entfernung von der Unterlage unterschieden; diese aber ist, wie AF: EP; folglich ist die Stärke des einen Zylinders zur Stärke des andern, wie der Durchmesser AF zum Durchmesser EP.

Zusatz. 1. Da AF > EP; so ist die Stärke des hohlen Zylinders auch größer, als die Stärke des ausgefüllten.

Zus. 2. Je größer also bey der nämlichen Masse die Ausdehnung eines Zylinders wird, desto mehr nimmt seine Stärke zu.*

Anmerkung. Aus diesem ist begreiflich, daß Knochen der Thiere, Hälme des Getreides, Federn der Vögel, u. d. gl. welche stark genug seyn mußten, ohne schwer zu seyn, von dem weisesten Schöpfer nicht durchaus dicht ausgefüllt, sondern zum Theile hohl sind gebildet worden.

C.

Stärke der Säulen oder Stützen, welche senkrecht aufgerichtet tragen müßen.

§. 196.

Erklärung. Unter der Stärke der Säulen oder Stützen versteht man den Widerstand, welchen sie senkrecht

* Obiger Zusatz kann nur mit gewissen Einschränkungen als wahr angenommen werden. Hievon handelt umständlicher Parent, *l'hist. de l'ac. roy.* 1702. 707. 708. 710. — Von der Stärke der Röhren, z. B. zu Wasserleitungen, s. Mariotte, *traité du mouv. des eaux. p.* 5. *disc.* 2. — Romer, *diverf. ouvrag. des MM. de l'acad. roy. p.*516.

senkrecht stehend leisten, daß sie nicht von einer oben aufliegenden Last zusammengedruckt, gebogen, und gebrochen werden.

§. 197.

Die Körper werden zusammengedruckt, wenn einige Theile einwärts, andere auswärts weichen. Denn weil alle Körper dergestalten aus Theilen zusammengesetzt sind, daß noch viele Zwischenräume unausgefüllt bleiben: so folgt, daß diejenigen Theile, welche nicht gerade in ebenen Schichten, sondern schief, auf die untern drucken, entweder einwärts in die Zwischenräume, oder auswärts getrieben werden, wo nämlich weniger Widerstand ist.

Zusatz. Je weniger regulär die Figur der Theilchen ist, woraus ein Körper besteht; oder je unordentlicher dieselben zusammengehäuft sind, desto weniger Widerstand kann er einem andern auf ihn druckenden Körper leisten.

§. 198.

Die Versuche, welche Herr von Musschenbroek angestellt hat, die Stärke unterschiedlicher Parallelepipeden zu erforschen, sind folgende.*

I. Ein Parallelepipedum von Eichenholze, 18 Zoll lang, an jeder Seite 0,23 Zoll breit, ist in der Mitte gebrochen von 23 tt.

Ein anderes, 9 Zoll lang, von 92 tt.

Ein anderes, 8 Zoll lang, von 118 tt.

II. Ein

* *Introd. ad cohaer. c. 9.*

II. Ein Parrllelepipedum von Eschenholze, 18 Zoll lang, an einer Seite 0,25 Zoll, an der andern 0,24 Zoll breit, ist gbrochen von 15 tt.

Ein anderes, nur 6 Zoll lang, von 132. tt.

III. Ein Parallelepipedum von Lindenholze, 12 Zoll lang, an einer Seite 0,35, an der andern 0,25 Zoll breit, ist gebrochen von 45 tt.

Ein anderes, 11 Zoll lang, von 54 tt.

IV. Ein Parallelepipedum von Tannenholze, 12 Zoll lang, an einer Seite 0,25, an der andern 0,42 Zoll breit, ist gebrochen von 79 tt.

Ein anderes, 10 Zoll lang, von 83 tt.

§. 199.

Lehrs. Die widerstehenden Kräfte senkrecht stehender und von gerade aufliegenden Gewichten hinunter zu gedruckter Eichen- Eschen- und Lindenhölzer von gleicher Dicke, aber von verschiedener Länge sind beynahe im verkehrten Verhältnisse der Quadraten ihrer Längen.

Denn im ersten Versuche ist das Quadrat der Länge 18 = 324, und das Quadrat der Länge 9 = 81; und 23 : 92 = 81 : 324; denn 23 × 324 = 92 × 81. Mußchenbroek hat nebst den oben angeführten noch mehrere andere Versuche gemacht, und gefunden, daß die Produkte nach solcher Proportion nicht sehr weit voneinander abweichen.

Anmerk. Ob auch bey andern Hölzern in Ansehung ihrer Stärke diese Proportion statt habe, läßt sich nicht ehender bestimmen, bis mehrere Versuche deshalben sind angestellt worden. Wenigstens in dem

dem Tannenholze (Versuch IV. §. 198.) ist die Abweichung von der gegebenen Regel sehr merklich. Denn das Quadrat der Länge 12 Zoll multiplizirt mit dem Widerstande ist — 11376; und das Quadrat der Länge 10 Zoll multiplizirt mit seinem Widerstande ist nur = 8300.

§. 200.

Von der Stärke gleich hoher, aber verschiedentlich dicker Hölzer hat bisher noch keine allgemeine Regel gegeben werden können. Die Stärke des Tannen- und Lindenholzes hat zwar Herr von Musschenbroek gegeneinander verglichen, und gefunden, daß sie sey, wie die Quadratquadraten der Dicken; aber von andern Hölzern läßt sich aus den gemachten Versuchen noch nichts gewisses bestimmen. Indessen verdient noch angemerkt zu werden, daß die Säulen, Pfeiler, Stützen von Tannenholze stärker und tauglicher seyn, als die Eichenen. Denn ein tannenes Parallelepipedum, 4 Schuhe lang, und an jeder Seite 0, 51 Zoll breit, hat 64 tt. getragen, ehe es zerbrach. Ein anderes eben so lang, an jeder Seite 0, 7 Zoll breit, trug 226 tt. Hingegen ein Parallelepipedum von Eichenholze, 4 Schuh lang, an einer Seite 0, 50 Zoll, an der andern 0, 42 Zoll breit, hat nur 20 tt. getragen. Ein anderes, eben so lang, an jeder Seite 0, 6 Zoll breit, trug 36 tt.; ein anderes, eben so lang, an jeder Seite 0, 7 Zoll breit, trug 86 tt.

III. Artikel.

Von dem Zusammenhange flüßiger Körper.

§. 201.

Es ist oben, (§. 10.) schon gesagt worden, daß ein flüßiger Körper derjenige sey, dessen Theile 1) wenig unter sich zusammenhangen, und 2) so beweglich sind, daß sie bey einer jeden Veränderung der Lage sich sehr leicht übereinander hinwälzen; und, wenn sie ruhig sind, eine Oberfläche annehmen, die mit dem Horizonte parallel ist.

Zusatz. Wenn daher der Zusammenhang der Theile eines festen Körpers aus was immer für einer Ursache dermaßen vermindert wird, daß sich die Theile gegeneinander nach der kurz zuvor gegebenen Erklärung verhalten, so wird aus dem festen ein flüßiger Körper. Wenn das Gegentheil geschieht, so geht der flüßige in einen festen über. Beyspiele haben wir an dem Eise, wo es wieder zu Wasser wird, und an dem Wasser, wenn es in Eis verwandelt wird.

§. 202.

Alle flüßige Körper, Feuer und Luft, so viel wir aus der Erfahrung wissen, ausgenommen, verwandeln sich bey einem gewissen Grade der Kälte in feste Körper. Das erfahren wir an den Metallen, Gold, Silber, Zinn, Bley rc. An Wasser, Wein, Oel rc.

An

An Wachs, Butter, Pech ꝛc. Hingegen bey einem gewissen Grade der Hitze erscheinen diese Körper in flüßiger Gestalt.

Zus. Die Flüßigkeit dieser Körper hängt also von einem gewissen Grade der Wärme ab; und da die Wärme eine Wirkung des Feuers ist, wie in der Partikularphysik wird gelehrt werden, so ist die eigentliche Ursache der Flüßigkeit dieser Körper dem Feuer zuzuschreiben.

§. 203.

Erfahr. Obschon die flüßigen Körper insgemein wenig unter sich zusammenhangen; so ist doch der Zusammenhang bey einem stärker, als bey dem andern, z. B. die Oeltheilchen hangen mehr unter sich zusammen, als die Wassertheilchen.

Erklärung. Die Kraft, mit welcher die Theile eines flüßigen Körpers unter sich zusammenhangen, kann Viskosität, Klebrigkeit, viscositas, genannt werden.

§. 204.

Erfahr. Die flüßigen Körper können auf unterschiedliche Weise verdünnt, feiner und flüßiger gemacht werden.

1) Wenn der flüßige Körper einen größern Grad der Wärme erhält. So ist warmes Wasser z. B. flüßiger, als kaltes.

2) Wenn dem flüßigen Körper A ein anderer noch flüßigerer beygegossen wird. So wird Milch z. B. mit Wasser vermischt dünner und flüßiger.

3) Wenn die zähern und klebrichtern Theile abgesondert werden. So sind abgeramte Milch und die Molke flüßiger.

Auf entgegengesetzte Weise können flüßige Körper dichter, zäher und klebrichter gemacht werden.

§. 205.

Erfahr. Wenn dünne Glasfäden, kleine Stücke von Metall, Siegellak, Wachs, Pech 2c. am Feuer schmelzen; werden alsobald die geschmolzenen Theilchen in Bewegung gesetzt, und nehmen hernach eine sphärische Figur an. Kleine Wasser- Wein- und andere Tröpfchen auf Kohlblätter u. d. gl. gesprützt nehmen auch eine sphärische Figur an, und behalten sie lange Zeit.

Zus. 1. Es muß also eine bewegende Kraft da seyn, mittelst welcher sie diese Figur erhalten.

Zus. 2. Wenn wir daher annehmen, daß diese Bewegkraft die Anziehungskraft der Elemente sey, wodurch die homogenen Theilchen eines flüßigen Körpers gleichartig aufeinander wirken: so folgt deutlich, daß alsdenn bey einer kleinen flüßigen Masse, die sich selbst überlassen wird, Gleichgewicht sey, wenn sie eine sphärische Figur angenommen hat. Denn gesetzt, diese kleine Masse sey nicht sphärisch, sondern ein Theilchen E (Fig. 63.) sey außer der Sphäre oder dem Kreise ABCD, oder wo immer an dem Rande des Tröpfchens: so wird das Theilchen E von dem Theilchen B und C berührt, und nach der Richtung EB und EC angezogen; folglich muß es in einer zusammengesetzten Bewegung nach der Diagonallinie EF zufließen, und wird nicht ehender ruhen, bis es zwischen B und C liege.

IV. Artikel.

Von dem Anhange flüßiger Körper an feste.

§. 206.

Erfahrung. I. Die meisten festen Körper, z. B. Glas, Steine, Erden, Metalle, Hölzer, Leinwant, Wollenzeug, Fleisch, Haut, Knochen, wenn man sie in verschiedene Flüßigkeiten, z. B. Wasser, Wein, Weingeist, Bier, Milch, Oel, ꝛc. eintaucht, und wieder herauszieht, werden davon befeuchtet, oder sie nehmen Theilchen von dem flüßigen Körper, die sich an sie anhängen, mit sich heraus. Das nämliche beobachtet man, wenn Metalle, Eisen ausgenommen, in Queckſilber eingetaucht waren.

II. Wenn aber die benannten festen Körper, ehe sie eingetaucht werden, mit Unschlitt oder einer andern fetten Materie überstrichen, oder auch mit Bärlappensamen u. d. gl. bestreut worden sind; so werden sie nicht feucht, oder sie nehmen nichts von dem besagten flüßigen Wesen an sich. Das nämliche beobachtet man, wenn sie, die Metalle ausgenommen, in Quecksilber eingetaucht werden.

§. 207.

Lehrs. Wenn ein flüßiger Körper einen festen befeuchtet, so ist es ein Anzeigen, daß die zusammenhangende Kraft des flüßigen mit dem festen stärker

sey,

sey, als das Gewicht und der Zusammenhang der flüßigen Theile unter sich.

Wenn aber der flüßige Körper den festen nicht feucht macht, so ist zu schließen, daß der Zusammenhang der flüßigen Theile mit den festen schwächer sey, als das Gewicht und die zusammenhangende Kraft der flüßigen unter sich.

Zus. Da der Zusammenhang eine Wirkung der anziehenden Kraft ist: so sieht man, welche Flüßigkeiten mehr oder weniger von festen Körpern angezogen werden, als die flüßigen Theilchen einander selbst anziehen.

§. 208.

Erfahr. Man nehme eine zirkelförmige ganz eben geschliffene Glasplatte; hänge sie an ihrem Mittelpunkte mittelst eines Fadens an einen Wagebalken so auf, daß sie mit der Oberfläche des Wassers parallel ist. Hernach lege man auf die andere Wageschale soviel Gewicht, bis das Gleichgewicht hergestellt sey. Nach diesem bringe man die gläserne Zirkelebene so auf das Wasser, daß die ganze Unterfläche die Oberfläche des Wassers wohl berühre. Wenn nun die Wage etwas gehoben wird: so wird derjenige Wagebalken das Uebergewicht haben, an welchem das Glas hängt. Man lege aber auf die andere Wageschale soviel Gewicht, bis die Glasplatte von dem Wasser losgerissen wird. Dieses Gewicht bestimmt die Kraft, mit welcher dieses Glas und das Wasser zusammenhangen.*

Auf

* Einige Versuche über die Adhäsion von Dutour. Goth. Magaz. für das neueste aus der Physik von L. R. L. 1. B. 3. St. S. 149.

Auf die nämliche Weise kann man Versuche anstellen mit andern Glasplatten, welche zwar von der nämlichen Materie sind, aber in ihrem Durchmesser verschieden. Wenn das Wasser in gleichem Grade der Wärme bleibt; so wird man finden, daß die Anhängungskräfte sich gegeneinander verhalten, wie die Quadraten der Durchmesser, oder wie die Oberflächen der zirkelförmigen Ebenen, die das Wasser berühren.

Wenn man weiters Versuche macht mit diesen Glasplatten und verschiedenen andern Flüßigkeiten, z. B. mit Weingeiste, Salmiakgeiste, Weinstein-Terpentin-Leinöle ꝛc. so wird sich zwar die Anhängungskraft verschieden zeigen, wie verschiedene Flüßigkeiten dazu gebraucht werden; aber bey einer jeden insbesondere, wie die Quadraten der Durchmesser oder wie die Oberflächen der Platten.*

Anmerk. 1. Damit die Luft, so viel möglich, zwischen den Flüßigkeiten und den Glasplatten ausgeschlossen werde, so ist rathsam, daß man dieselben nach und nach schief unter einem immer kleinern Winkel auf die flüßigen Körper zuneige, bis endlich die ganze Fläche parallel aufliegt.

Anmerk. 2. Man muß darauf bedacht seyn, daß die Gewichtchen, welche die Platten von dem flüßigen Körper zu trennen gebraucht werden, klein seyn, mitten auf die Wagschale und sachte gelegt werden, damit nicht etwa die Platten mehr durch einen Stoß oder

* *Nouveaux memoires de l'Academie royale de Berlin. année* 1776.

oder Erschütterung, als durch den Druck der Gewichte losgerissen werden.

Lehrsatz. Der Anhang der flüßigen Körper an feste ist desto stärker oder schwächer, je größer oder geringer die Anzahl der Berührungspunkte ist.

Denn die Anzahl der Berührungspunkte verhält sich, wenn alles übrige gleich ist, wie die Oberflächen. Weil aber auch die Kraft des Anhangs flüßiger Körper an feste schwächer oder stärker ist, nachdem die Oberfläche kleiner oder größer ist: so hängt auch die Schwäche oder Stärke desselben von der geringern oder größern Anzahl der Berührungspunkte ab.

§. 209.

Erfahr. Herr Achard * hat eine zirkelförmige gläserne Platte, welche 1 1/2 Zoll im Durchmesser hatte, achtzehnmal auf Wasser, welchem jedesmal ein anderer Grad der Wärme gegeben wurde, gelegt, und beobachtet, daß die Platte dem kältern Wasser stärker anhieng, als dem wärmern. Den verschiedenen Erfolg dieser Versuche zeigt Tafel I. Ebendieselbe Wirkung habe ich erfahren, da ich eine Glasplatte oder einen andern ebenen Körper auf andere verschiedene Flüßigkeiten, die wärmer oder kälter waren, gelegt hatte.

Lehrs. Die Anhängungskraft flüßiger Körper an feste ist größer oder kleiner, nachdem der flüßige Körper kälter oder wärmer ist.

Die Ursache hievon ist leicht zu geben. Denn weil die Körper durch die Wärme ausgehnt werden, und

* F. C. Achard, chymisch-physik. Schriften 1. Th. S. 354.

und die Größe der Masse unter einem bestimmten Raume sich verkehrt verhält, wie die Ausdehnung: so ist nicht schwer zu ermessen, daß bey vermehrter Wärme die Anzahl der Berührungspunkte vermindert werde. Die Anhängungskraft steht im geraden Verhältnisse mit der Anzahl der Berührungspunkte; folglich muß sie abnehmen, wie die Wärme zunimmt.

§. 210.

A.

Die Tafel IV. stellt unterschiedliche Grade der Kräfte vor, mit welchen verschiedene feste Körper an verschiedene flüßige anhiengen. Die Tafel II. enthält die verschiedene spezifische Schwere dieser flüßigen Körper. Wenn man nun derselben verschiedene Anhängungskraft an Glas mit ihrer spezifischen Schwere vergleichet, so erhellet, daß diese mit jener nicht in stetem Verhältnisse stehe.

B.

Es muß also noch eine andere Eigenschaft seyn, wodurch sich die verschiedene Anhängungskraft bestimmen lasse. Wir wollen setzen es sey der Zusammenhang der flüßigen Theile unter sich; oder wir wollen als wahr annehmen, die Kraft, mit welcher ein fester Körper z. B. Glas an unterschiedliche flüßige anhängt, sey im Zusammengesetzten Verhältnisse aus der spezifischen Schwere dieser flü-

ßigen Körper und aus dem Zusammenhange der flü- ßigen Theile unter sich.

Der Zusammenhang der Wassertheilchen unter sich sey = 1000.

Der Zusammenhang der Theile eines andern flüßigen Körpers = b.

Die Anhängungskraft des Glases an Wasser = c.

Des nämlichen Glases an einen andern flüßigen Körper = d.

Die spezifische Schwere des Wassers = m.

Die spezifische Schwere eines andern flüßigen Körpers = n.

So wäre nach dieser Hypothese c : d = 1000 m : nb.

Folglich $b = \frac{1000 \times dm}{nc}$

Weil der Werth von c und d bekannt ist, wie auf der Tafel IV. angezeigt wird; auch der Werth von m und n auf der Tafel II. zu ersehen ist; ferner der Werth des Zusammenhanges der Wassertheilchen unter sich angesetzt ist = 1000 : so läßt sich mittels der letzten Gleichung der Werth b für eine jede andere Flüßigkeit gar leicht finden. Dieser auf solche Art gefundene Werh ist wirklich auf der Tafel III. zu sehen.

Es ist aber falsch, daß $b = \frac{1000 \times dm}{cn}$.

Denn wenn b die Viskosität oder den Grad des Zusammenhanges der flüßigen Theile unter sich wirklich bestimmte; so müßte das, was durch die Gleichung her-

herausgebracht und auf der Tafel III. angegeben ist, mit der Erfahrung übereinstimmen. Wir wissen aber, daß viele Flüßigkeiten z. B. Leinöl und andere einen stärkern Zusammenhang in ihren Theilen haben, als das Wasser; und dennoch sagt die Tafel III. daß ihr Znsammenhang schwächer sey. Folglich zeiget b den wahren Grad des Zusammenhangs flüßiger Theile unter sich nicht an.

C.

Indessen, wenn 1) der Werth b, als eine noch unbekannte Eigenschaft, für verschiedene flüßige Körper mittelst der Gleichung $b = \frac{1000 \times dm}{cn}$ gefunden, so angenommen wird, wie ihn die Tafel III. anzeigt; wenn 2) der Werth d oder die Anhängungskraft verschiedener flüßiger Körper mittelst der nämlichen Gleichung $d = \frac{cnb}{1000m}$ bestimmt wird, wo der Werh d angenommen wird, wie ihn die Tafel V angiebt; wenn 3) dieser Werth d verglichen wird mit dem Werthe oder Grade des Anhangs, welcher durch Versuche gefunden auf der Tafel IV. gezeigt wird; so sieht man, daß der Werth d so, wie er durch die Berechnung herauskömmt, mit dem durch Versuche gefundenen Werthe nahe übereinkomme.

Daraus folget, daß b keine allgemeine Eigenschaft eines jeden flüßigen Körpers ausdrucke, wodurch die Kraft, mit welcher ein flüßiger an einen festen Körper anhängt, dermaßen vermehrt wird, daß sie

sey im zusammengesetzten Verhältnisse aus der spezifischen Schwere des flüßigen Körpers und dieser allgemeinen Eigenschaft.

Aber was ist diese Eigenschaft, unterschieden von der spezifischen Schwere der flüßigen Theile, welche berührt werden? Ist es die Figur und Lage der Theilchen, wodurch geschieht, daß unter einem gegebenen Raume mehr oder weniger Berührungspunkte die Anhängungskraft, oder eigentlich zu reden, die Anziehungskraft vermehren oder vermindern? Das ist aber eins mit der spezifischen Schwere. Ist es etwa eine Verschiedenheit der anziehenden Kräfte, welche in den Elementen verschiedener Flüßigkeiten seyn soll? oder macht beydes, die Figur und die verschiedene Anziehungskraft der Elemente, mit der spezifischen Schwere, den Unterschied der Kraft, mit welcher verschiedene Flüßigkeiten an feste Körper anhangen? *

Anmerk. Ich und andere mit mir meinten einstens, man könnte durch die Versuche (§. 208.) den Zusammenhang der flüßigen Theile unter sich erfahren und bestimmen. Aber aus B und C, §. 210. folgt deutlich, daß durch diese Versuche nur die Kraft gefunden werde, mit welcher sich ein flüßiger Körper an einen festen anhängt. Nebst dem hä ngt eine gläserne und kupferne Platte von gleicher Fläche unter den nämlichen Umständen m it verschidener Kraft an Wasser

* Da wir das innere Wesen oder die Substanz der Körper, wovon eigentlich die Kraft zu wirken abhängt, nicht einsehen: so können wir auch die Grundursachen nicht bestimmen.

Wasser an, indem nach der Tafel IV. eine verschiedene Kraft zur Trennung derselben angewandt werden muß; obschon in beyden Versuchen der Zusammenhang der Wassertheilchen der nämliche ist, und bleibt.

§. 211.

Wenn die §. 210. angegebene Methode gebraucht wird, ein Gesetz zu finden, nach welchem verschiedene feste Körper von gleichem Durchmesser an einem flüßigen, der stets in gleicher Wärme erhalten wird, anhangen; und wenn wir dabey auf die Erfahrungen nach der Tafel IV. Acht haben: so können wir schließen 1) daß der Anhang eines flüßigen Körpers an verschiedene feste sich nicht verhalte, wie die spezifischen Schweren dieser festen Körper. 2) Wenn wir die Erfahrungen der Tafel IV. mit jenen auf der Tafel V vergleichen: so können wir mit hinlänglichem Grunde schließen, daß die Anhängungskraft verschiedener fester Körper an einen und den nämlichen flüßigen sey im zusammengesetzten Verhältnisse aus der spezifischen Schwere dieser festen Körper und aus jener allgemeinen Eigenschaft, wovon oben Meldung geschehen ist.

Besondere Erscheinungen flüßiger Körper, welche aus dem vorhergehenden erklärt werden.

I. Artikel.

§. 212.

Erscheinung. 1. Wassertröpfchen und mehrere andere zerfließen auf festen Körpern, welche sie befeuchten; sie erhalten hingegen ihre runde Figur auf solchen Körpern, welche von ihnen nicht befeuchtet werden, z. B. ein Tropfen Quecksilber auf Holz.

Erschein. 2. Wenn ein hölzernes, gläsernes oder metallenes Gefäß mit Wasser oder einem andern flüßigen Körper, der es feucht macht, angefüllt etwas gegen den Horizont geneigt wird, und überläuft: so fließt das Wasser nicht nach der senkrechten Linie AE, sondern nach AB. (Fig. 64.) Das geschieht aber nicht, wenn der flüßige Körper das Gefäß nicht befeuchtet. So hängt sich z. B. Quecksilber an den Rand eines hölzernen oder gläsernen Gefäßes nicht an, sondern fließt nach der Linie AE.

Erschein. 3. Wenn Wasser oder ein anderer flüßiger Körper auf seiner Oberfläche von einem festen Körper, welcher davon pflegt befeuchtet zu werden, berührt wird: so steigt der flüßige über seine Horizontalfläche in die Höhe, und bildet gleichsam einen Hügel. Das wird nicht beobachtet bey einem flüßigen, welcher

welcher den festen Körper nicht befeuchtet; z. B. wenn Quecksilber von Holze berührt wird.

Erschein. 4. Wenn ein Gefäß, z. B. ein gläsernes, mit Wasser oder einem andern flüßigen Körper, von welchem es befeuchtet wird, nicht ganz angefüllt ist: so steiget das Wasser etwas an den Seiten in die Höhe, und seine Oberfläche ist gegen die Mitte vertieft. Wird das Gefäß ganz voll gemacht: so ist die Oberfläche eben; wird aber alsdenn noch etwas hinzugegossen, so erscheint sie in der Mitte erhaben.*

§. 213.

Phänomene der Haarröhrchen.

1) In gläserne und andere enge Röhrchen, die deswegen Haarröhrchen, tubi capillares, genannt werden, steigt, wenn sie unten und oben offen sind, das Wasser oder ein anderer flüßiger feucht machender Körper auf eine beträchtliche Höhe, obgleich die untere Oeffnung nur seine Oberfläche berührt.

2) Wenn auch das Haarröhrchen, in welchem der flüßige Körper zu einer gewissen Höhe gestiegen ist, von dessen Oberfläche hinweggenommen wird; so fällt derselbe doch nicht zurücke, sondern bleibt in der nämlichen Höhe hangen.

3) Das Aufsteigen der flüßigen Körper in den Haar=

* Musschenbroek, *Dissert. de attract. speculorum plan. vitr.* — Gravesande, *phys. elem. L.* 1. c. 5. *de effectu attractionis vitri in aquam.* Hawksbee, *mechanic. experim.*

Haarröhrchen geht im Anfange geschwinde, am Ende langsamer.

4) In eine engere Röhre geht die Flüßigkeit geschwinder, als in eine weitere.

5) In eine engere Röhre steigt eine und die nämliche Flüßigkeit höher, als in eine weitere. Ob aber diese Höhe sey im verkehrten einfachen Verhältnisse des Durchmessers der Röhre, oder verkehrt wie das Quadrat, oder wie die Wurzel desselben, ist aus den Versuchen und Beobachtungen noch nicht ganz entschieden. *

6) Wenn die Durchmesser gleichartiger Röhren gleich sind, so steigt ein uud der nämliche flüßige Körper in einer jeden zu gleicher Höhe, obschon sie von ungleicher Länge sind. Das ist gegen Musschenbroek von Bülffinger, Weitbrecht, Nollet, Segner und andern aus Versuchen bewiesen.

7) Verschiedene Flüßigkeiten steigen in einerley Haarröhrchen mit verschiedener Geschwindigkeit und zu verschiedenen Höhen. Das geschieht auch bey einerley Flüßigkeit in Röhren von verschiedener Materie.

II. Ar-

* Sieh Musschenbroeks Diss. phys. et geom. c. 2. pag. 296.; und vergleiche damit Georg. E. Hambergers Anmerkungen in seiner Elementarphysik.

II. Artikel.

Erklärung der angeführten Phänomene.*

§. 214.

Erklär. Phänom. 1. Da ein Tröpfchen z. B. Wasser einen festen Körper, der davon naß wird, berührt, so werden die vordern Theilchen von dem festen Körper stärker angezogen, als die Kraft ist, mit welcher sie rückwärts mit den übrigen Theilchen zusammenhangen. Hiemit wird das Gleichgewicht unter ihnen gestört; und die Bewegung folgt nach der Bewegung der stärkern Kraft, und so muß das Tröpfchen zerfließen. Weil hingegen die Quecksilber-

* Nebst vorher angeführter Differtatio de tubis capillaribus vitreis in Musschenbroeks *Diss. phys. exper. pag.* 273. sieh F. J. Jurin, Differt. phys. math. *philos trans. n.* 335. 362. it. *comm. petrop.* t. 3. — G. B. Bülffinger, de tub. capill. diff. experim. *comm. petr. t.* 2. *p.* 293. — J. Weitbrecht, tentamen theoriæ, qua ascensus aquæ in tubis capill. explicatur. *ibid. t.* 8. *p.* 261. Ej. explicatio difficiliorum experimentorum. *ibid.* t. 9. p. 275. — Nollet, Vorles. 8. — Dan. Bernoulli, Differt. de tub. capillar. — Sturm, *colleg. cur. p.* 1. — Fabri, de librat. et suspens. liquor. *dialog.* it. *phys.* L. 1. — Borellus, tract. de motu a grav. nat. pend. — Petit, *ac. Paris.* 1724. — Hauser, *elem. phil.* t. 5. p. 3. q. 3. — De la Lande, Diff. sur la cause de l'elevation dans les tubes capillaires. Paris 1770. — Du Tour, experiences sur les tubes capill. Rozier, *journ. Fevr.* 1778. — Henner, *phys. exper.* p. 2. c. 3. s. 2. a. 1. pr. 7. 8.

Theilchen stärker unter sich zusammenhangen, als sie vom Holze z. B. angezogen werden: so ist es kein Wunder, daß das Tröfchen sphärisch bleibe.

Anmerk. Daß die Schwere oder das Gewicht des Tröpfchens die eigentliche Ursache des Zerfließens nicht seyn könne, ist daher gewiß, weil es nicht allein zerfließt, wenn es auf Holz gelegt wird, sondern wo es immer an einer Seite von demselben berührt wird. Ferner wenn der Tropfen durch sein Gewicht gedruckt zerflöße, so müßte dieses auch bey dem Queckfilber beobachtet werden; oder ein Wassertropfen müßte auf einem jeden andern Körper zerfließen, welches nicht geschieht.

§. 215.

Erklär. Phänom. 2. ABCD sey ein gegen den Horizont etwas geneigtes gläsernes Gefäß, aus welchem in A das Wasser ausfließt. (Fig. 64.) Wenn die Schwere des Wassers allein wirkte, so flöße es nach der Richtung AE. Weil aber die Wassertheilchen weniger unter sich zusammenhangen, als sie vom Glase angezogen werden, so wirkt auch die Anhängungskraft auf sie nach der Richtung AD. Wenn nun DB und EB parallel mit AE und AD gezogen werden: so entsteht das Parallelogramm ADBE, dessen Diagonal AB den Rand und die Seite des Gefäßes vorstellt; nach dieser Linie aber folgt die Bewegung wegen den zusammengesetzten Kräften AD und AE. Daraus ist zu ersehen, daß das Wasser bey seinem Ausflusse aus dem Glase sich an die Seite desselben anhängen müße. Hingegen wenn die

die Anhängungskraft nach der Richtung AD sehr schwach ist, wie, wenn statt Wasser Quecksilber im Gefäße wäre: so würde dieses nach der Richtung der Schwere AE fließen.

§. 216.

Erklär. Phänom. 3. Indem die Wassertheilchen, da sie einen festen Körper berühren, diesem stärker anhangen, als einander unter sich: so werden die Theilchen A und C, (Fig. 65.) welche den Körper QSK unten in S berühren, und die andern DEF und BHG, welche unmittelbar mit A und C zusammenhangen, wenigstens mittelbar von dem festen Körper angehalten; dadurch wird ihre Schwerkraft gehindert, und sie drucken weniger auf die unter ihnen und an den Seiten liegenden Theilchen, als zuvor. Deswegen werden die Theilchen DEF und BHG von jenen, da sie auf allen Seiten stärker entgegendrucken, gleichsam gehoben, und müßen also etwas in die Höhe steigen, wobei sie die Lage annehmen, welche die Figur 66. vorstellt; da indessen A und C an dem berührten festen Körper hangen bleiben.

Ferner weil in den kleinern Entfernungen die Anziehungskraft wirkt, und die festen Körper, welche von flüßigen feucht werden, diese stärker anziehen, als die flüßigen selbst untereinander in ihren Theilen angezogen werden: so werden die Theilchen B und D und andere, (Fig. 65.) obschon sie den festen Körper nicht berühren, dennoch, weil sie in einer geringen Entfernung von demselbigen liegen, von ihm angezogen, und in die Höhe rings um ihn herum gehoben. (Fig. 66.)

Zus.

Zus. 1. Das Steigen flüßiger Körper über ihre Horizontalfläche kömmt also von einer zweyfachen Kraft her, von der Anziehungskraft des festen und von dem daher entstandenen ungleichen Drucke des flüßigen Körpers.

Zusatz. 2. Auf diese nämliche Art läßt sich das Phänomen 4) erklären, und leicht einsehen, wie in besagtem Gefäße eine hohle Oberfläche entstehen müße. Das Steigen des flüßigen Körpers an den Seiten des Gefäßes geschieht aber nur so lange, bis das gehobene Gewicht mit der Anziehungskraft der angränzenden festen Theile und mit den von untenauf drückenden flüßigen Theilen im Gleichgewichte ist.

Zusatz. 3. Wenn das Gefäß voll ist, und noch etwas leise darauf gegossen wird; so verhindert der wechselseitige Zusammenhang der flüßigen Theile, daß es nicht überlaufe. Da ringsherum nichts ist, was die runde Figur der einzelnen Tröpfchen zerstöre; so erhält die Oberfläche eine erhaben runde Gestalt, so lange, bis das Gewicht den Zusammenhang der Theile überwindet, und durch seinen Druck verursachet, daß sie über den Rand ablaufen.

Zusatz. 4. Weil Quecksilber in seinen Theilen mit größerer Kraft zusammenhängt, als es an Holz, Glas und andere unmetallische Körper anhängt; so erhellt 1) warum es an solchen Körpern nicht hinaufsteiget; und 2) warum in einem solchen Gefäße seine Oberfläche erhaben rund bleibt.

§. 217.

Das Aufsteigen der flüßigen Körper in Haarröhren entsteht auch 1) aus dem gestörten Gleichgewichte

durch

durch den Anhang der flüßigen Theilchen an den Seiten der Röhren, und 2) von derselben Anziehungskraft.

1) Das Tröpfchen, welches den untern Ring der Röhre berührt, hängt diesem stärker an, als es mit den übrigen Tröpfchen unten und an den Seiten zusammenhängt; da es also von dem Rande der Röhren gehalten wird, und nun weniger, als vor der Berührug, hinunter und seitwärts druckt, so wird es von den unten und an den Seiten liegenden Tröpfchen gehoben. 2) Hierzu hilft die Anziehungskraft. Denn man stelle sich vor, die zylindrische Haarröhre sey in mehrere Ringe abgetheilt. Wenn der erste und unterste Ring die Flüßigkeit berührt: so reißt der zweyte durch seine Anziehungßkraft dieselbe an sich. Dieses geschieht auf die nämliche Weise von dem dritten, vierten, fünften Ringe u. s. w., und dieses Aufsteigen geschieht so lange, bis das Gewicht des erhöheten flüßigen Körpers mit den anziehenden oder erhöhenden Kräften im Gleichgewichte ist.

§. 218.

Das Tröpfchen steigt an den innern Wänden der Haarröhre, nicht aber an den äußern in die Höhe.

Denn 1) das Tröpfchen liegt unmittelbar an der Oeffnung und dem Rande der Röhre, und wird nicht allein von den unten, sondern auch von den an den Seiten liegenden Tröpfchen gegen den Mittelpunkt der Oeffnung gedruckt. Da 2) die an der Oeffnung liegende Flüßigkeit die Röhre in viel mehrern Punkten

ten berührt, als die Flüßigkeit an den äußern Wänden; so folgt, daß auch dort die Anhängungskraft stärker sey, als an der äußern Peripherie des untersten Rings.

§. 219.

Die innerhalb der Haarröhre erhöhete Flüßigkeit wird in der Höhe gehalten 1) von der Kraft des Zusammenhangs der flüßigen Theilchen selbst, welche den kleinen Zylinder in der Haarröhre bilden; und 2) von der Anziehungskraft des obern Rings des Haarröhrchens, welcher der Oberfläche der erhöheten Flüßigkeit am nächsten ist.

§. 220.

Das Aufsteigen flüßiger Körper in den Haarröhrchen geschieht im Anfange geschwinde, am Ende langsamer.

Denn 1) Wie der flüßige Körper nach und nach aufsteiget, so nimmt die zu hebende Masse und das Gewicht immer zu. 2) Je höher derselbe steiget, desto größer wird der Zylinder, wobey immer mehr und mehr flüßige Theilchen, welche an der innern Wand der Röhre anhangen, abgezogen werden müßen. Daher nimmt die Geschwindigkeit im Aufsteigen nach und nach ab, bis endlich alle Bewegung aufhört; da nämlich das gehobene Gewicht und der aus dem Zusammenhange der flüßigen Theilchen entstehende Widerstand mit den hebenden Kräften im Gleichgewichte ist.

§. 221.

Die nämliche Flüßigkeit dringt geschwinder in eine engere, als in eine weitere Haarröhre.

Die Peripherie einer weitern zylindrischen Röhre ist zwar größer, als einer engern, indem sich beyde gegeneinander verhalten, wie ihre Durchmesser; und daher ist auch die Anzahl der Berührungspunkte so, wie die Anziehungskraft, bey einer weitern Röhre um so viel größer. Aber auch das zu hebende Gewicht, nämlich die erste und die folgenden zirkelschichten des flüßigen Körpers sind zugleich in der weitern Röhre um soviel größer, als in der engern, um wieviel größer das Quadrat des einen, als des andern Durchmessers ist. Deswegen nimmt die hebende oder anziehende Kraft in der weitern Röhre ab, wie das Gewicht des flüßigen Körpers zunimmt. Weil nun die Quadraten der Durchmesser bey vergrößerten Zirkeln mehr wachsen, als die Durchmesser selbst; so erhellet, daß eine größere Oeffnung an einer Röhre mehr beytrage, die hebende Kraft und die davon abhangende Geschwindigkeit zu vermindern, als dieselbe zu vermehren.

Zus. 1. Wenn daher in einer engern Röhre ein Stäubchen mit der nämlichen Kraft anhängt, mit welcher ein anderes gleichartiges in einer weitern Röhre in gleicher Höhe anhängt; so wird eine eindringende Flüßigkeit das Stäubchen leichter in der engern, als in der weitern Röhre, losreißen. Diese Folge wird in der Theorie von der Auflösung anwendbar seyn.

Zus. 2. Wenn ein Tröpfchen an zwo Röhren von ungleichem Durchmesser gebracht wird, so bewegt es sich vorzüglich gegen die engere zu.

§. 222.

Nach der Theorie, steigt eine Flüßigkeit desto höher, je enger die Haarröhre ist, also zwar, daß die Höhen sich verkehrt verhalten, wie die Durchmesser.

Die hebenden oder anziehenden Kräfte seyn V, v; die flüßigen Massen M und m; ihre Höhen A und a; die Durchmesser der Röhren D und d.

So ist $M : m = AD^2 : ad^2$.

$V : v = D : d$.

und da $V : v = M : m$;

so ist $D : d = M : m = AD^2 : ad^2$.

Daher $AD^2 d = ad^2 D$; und $AD = ad$.

Folglich $A : a = d : D$.

§. 223.

Die Menge der gehobenen Flüßigkeit verhält sich, wie die Durchmesser der Haarröhren; folglich ist mehr in den weitern, als in den engern Röhren.

Denn $M : m = AD^2 : ad^2$

und weil $AD = ad$ (§. 222.)

so ist $M : m = D : d$.

§. 224.

Wenn die Röhren gleiche Durchmesser haben, so steigt die nämliche Flüßigkeit zur nämlichen Höhe, obschon die Röhren von ungleicher Länge sind.

Weil

Weil das Steigen der flüßigen Körper in den Haarröhren blos von der Anhängungs- und Anziehungskraft abhängt; diese aber bey Röhren von einerley Materie und gleichem Durchmesser gleich ist, so ist keine Ursache da, warum eine Flüßigkeit in längern Röhren höher steigen solle.

§. 225.

Daß einerley Flüßigkeit in Haarröhren von verschiedener Materie, oder verschiedene Flüßigkeiten in Röhren von einerley Materie mit verschiedener Geschwindigkeit eindringen, und in die Höhe steigen, kömmt her von der verschiedenen Anhängungs- und Anziehungskraft, wie auch von dem unterschiedlichen Zusammenhange der flüßigen Theile unter sich.

§. 226.

Die Lehre von den Haarröhrchen bahnt den Weg, mehrere Wirkungen der Natur zu erklären. Daraus verstehen wir, warum Wasser und der damit vermischte Nahrungssaft von den Wurzelfibern der Pflanzen eingesaugt, und in den feinsten Gefäßen derselben in die Höhe getrieben werde; wie Regen, Thau, und unterschiedliche in der Luft schwimmende Dünste an die Blätter anhangen, in dieselben eindringen, von den Gefäßen verschlungen, und durch diese in die ganze Pflanze vertheilt werden? Wie Flüßigkeiten und unterschiedliche Arzneyen von außen auf die menschliche Haut gebracht durch die einsaugenden Gefäße in den Körper eindringen? Warum flüßige Körper in Schwämmen, Tachten, Zunder u.

d. gl. in die Höhe steigen? Warum Quecksilber in gewisse Körper nicht eindringe? Warum unterschiedliche Flüßigkeiten z. B. Wasser und Wein leicht mit einander vermischt werden; andere hingegen z. B. Wasser und Oel, sich schwer oder gar nicht miteinander vermischen laßen ꝛc.*

III. Artikel.

Uebergang flüßiger Körper aus einem festen in einen andern.

§. 227.

Erfahr. Wenn ein fester Körper A mit einem flüßigen Wesen gesättiget ist, so sehen wir, daß dieses großen Theils in einen andern festen Körper B übergehe, wenn dieser dem Körper A gehöriger Maßen genähert wird. Dieses geschieht auch, obschon sonst die Flüßigkeit dem Körper A lieber und stärker anhängt, als dem Körper B. Z. B. wenn ein Klumpen Erde sehr naß ist, und mit einem Leinwande bedeckt wird; so wird auch dieses davon feucht. Glühendes Eisen der freyen Luft ausgesetzt, erkältet, indem die Feuertheilchen aus ihm in dieselbe übergehen.

* Wie durch den Zusatz eines dritten Körpers die Vereinigung leichter geschehe? z. B. wenn Laugensalze mit Wasser und Oel vermischt werden, u. s. w. 3. Th. §. 63.

hen. Mehrere andere dergleichen Beyspiele kommen bey der Theorie des Feuers vor.

§. 228.

Dieser Uebergang entsteht daher, weil, wenn der feste Körper B, z. B. ein Tuch, an den Körper A, z. B. an einen Klumpen Letten gebracht wird, jener diesen nicht unmittelbar berührt, sondern die flüßigen Theilchen, womit der Körper A übersättiget ist.*

So oft wir diesen Uebergang beobachten, finden wir, daß der feste Körper A eine große Menge flüßigen Wesens in sich enthalte. Demnach berühren viele flüßige Theilchen nicht unmittelbar die Theile des festen Körpers, sondern hangen nur unter sich zusammen. Deswegen wenn der Körper B an den Körper A gebracht wird, so berührt er nicht so wohl diesen, als die flüßigen Theilchen, welche, weil sie weniger unter sich zusammenhangen, als mit dem Körper B, welchen sie berühren; so dringen sie in dessen Zwischenräume, gleichsam als Haarröhrchen ein.

Ferner indem die Oberfläche des Körpers A auf diese Weise viele flüßige Theile verliert: so werden die überflüßigen in den innern Zwischenräumen befindlichen und mit den äußern hinweggehenden zusam-

* Oft geschieht es, daß eine flüßige Materie aus einem Körper in den andern übergeht, weil sie von diesem stärker, als von jenem angezogen wird; oder da sie verdünstet.

sammenhangenden Theilchen in Bewegung gesetzt, und gleichsam durch Haarröhrchen auf die Oberfläche des Körpers A zu dem Körper B gebracht. Diese Bewegung dauert so lange, bis der Körper B gesättigt ist, oder wenigstens die äußern Theile der benachbarten Körper mit einer gleichen Menge Flüßigkeit befeuchtet sind.

Zusatz. Je dichter der flüßige Körper ist, desto langsamer geschieht der Uebergang, und desto ehender hört er auf. Das Gegentheil wird beobachtet bey feinern Flüßigkeiten. Denn 1) je dichter und klebrichter ein flüßiges Wesen ist, desto mehr Kraft wird erfodert, die Theile voneinander zu trennen. 2) Die Theile, aus welchen die Flüßigkeit geht, ziehen sich alsobald zusammen, und hiemit werden die Zwischenräume verengert, daß die dichtern Theile des flüßigen Körpers nicht durchbringen können.

Anmerk. Besondere Beyspiele giebt die Kunst, die Flecken aus den Tüchern u. s. w. auszumachen. Wenn die Flecken von einer fetten Materie sind, so wird Kreide, Thonerde, besonders Pfeiffenerde darauf gelegt; hernach bedeckt man es mit Löschpapier, fährt mit einem heißen Eisen darüber, damit das Fett flüßig werde. Auf diese Art geht es aus dem Tuche in die Erde über. Gefärbte Eßigflecken u. d. gl. werden mit Weinsteinöle, oleum tart. per deliquium, aus dem Leinwande ausgemacht, indem die mit dem Salze häufig vermischten Erdtheilchen die fleckenmachende Materie an sich ziehen, nachdem sie zuvor mit Wasser etwas verdünnt worden sind. ꝛc.

IV. Arti=

IV. Artikel.

Auflösung der Körper überhaupt.

§. 229.

Erfahr. Wir bemerken oft, daß die Bestandtheile fester Körper mittelst unterschiedlicher Flüßigkeiten dergestalten voneinander getrennt werden, daß sie in dem flüßigen Wesen zerstreuet gänzlich unsichtbar werden. So lösen sich z. B. Salze, Zucker, Gummi 2c. in blosem Wasser auf; Metalle im Scheidewasser 2c. Dabey ist ein jedes Tröpfchen vom Gummi klebricht, vom Zucker süß, vom Metalle gefärbt.

Erklär. Diese Erscheinung wird Auflösung, solutio, genannt. Der flüßige Körper, welcher diese Auflösung verursacht, heißt menstruum.

Anmerk. Wenn ein flüßiges Wesen in die Poren eines Körpers z. B. Papier, Holz, Pflanzen, eindringt, und die Theile zwar voneinander trennt, doch so, daß nicht aller Zusammenhang gehoben werde, sondern der Körper noch ganz verbleibe; so nennt man es maceratio, welches eine unvollkommene Auflösung ist. *

Zus.

* Nicht bey einer jeden Auflösung werden die Bestandtheile eines Körpers getrennt; sondern oft nur die größern in kleinere zertheilt; z. B. bey der Auflösung des Salzes im Wasser. Anders geht es zu, wenn z. B. ein Mittelsalz in seine Säure und Alkali aufgelöst wird. Wahr=

Zus. Bey einer Auflösung können drey Wirkungen hauptsächlich beobachtet werden; 1) die Trennung des aufzulösenden Körpers in die kleinsten Theile; 2) die Vertheilung dieser Theile in den auflösenden flüßigen Körper; und 3) die Erhebung und Erhaltung derselben in dem Menstruum.

§. 230.

Lehrs. Die Trennung des aufzulösenden Körpers in die kleinsten Theile kann nicht einer äußern Kraft zugeschrieben werden.

Was wäre diese Kraft? Bewegung, Rütteln des Gefäßes, in welchem die Auflösung geschieht? Gummi, Zucker, Metalle 2c. lassen sich ohne dieses blos durch ihr Menstruum auflösen. Die äußere Luft, welche die Flüßigkeit in den festen Körper eintreibe? Auch im luftleeren Raume, und oft leichter geht die Auflösung von statten. Das Gewicht oder der Druck des Menstruums? An einem Stücke Zucker z. B. dessen äußerstes Ende ins Wasser gehalten wird, steigt dieses in die Höhe, und löst das ganze Stück auf.

§. 131.

Lehrsatz. Die Auflösung wird dadurch verursacht, weil der auflösende Körper mit größerer Kraft in die Zwischenräume des aufzulösenden eindringt, als dessen Theile unter sich zusammenhangen.

Die

Wahrscheinlich geht keine Auflösung bis auf den ersten Grundstoff der Körper. s. oben §. 6. Anmerk. — Weiter unten §§. 242. 243.

Die Auflösung wird von keiner äußern Kraft bewirkt; (§. 230.) folglich ist sie der Kraft des Menstruums zuzuschreiben, welche nothwendiger Weise stärker seyn muß, als der Zusammenhang des aufzulösenden Körpers, indem dessen Theile dadurch voneinander getrennt werden. Daß Flüßigkeiten oft mit großer Geschwindigkeit in die Zwischenräume fester Körper eindringen, lehrt die Theorie vom Steigen der flüßigen Körper in den Haarröhren und zwischen zwoen nahen Flächen. Die Poren fester Körper können als Oeffnungen von Haarröhrchen, die Gemeinschaft miteinander haben, angesehen werden. Das ist durch tägliche Erfahrungen und Beobachtungen bestättiget. Wie groß ist nicht die Kraft, mit welcher das Wasser auf kleine Stücke Holz wirket, wenn diese recht trocken in Steine eingeschlagen, und hernach mit Wasser befeuchtet werden? Auf diese Weise werden die härtesten Steine gesprengt. Ferner mit was großer Kraft werden bey feuchtem Wetter Thüren, Läden, Fensterrahmen ꝛc. ausgedehnt? Wie stark ist nicht die Kraft mit Wasser befeuchteter Stricke? u. s. w.

§. 232.

Lehrsatz. Die Kraft des flüßigen Körpers, womit er die Theile des festen von einander zu trennen sich bestrebt, überwindet den Zusammenhang derselben auf folgende Weise.

1) Wir beobachten, daß flüßige Körper z. B. Wasser in gläserne Haarröhrchen mit größerer Kraft und Geschwindigkeit eindringen; je enger dieselben

sind. Nun aber ist bekannt, a) daß in einem jeden Körper unzählich viele Poren seyn, die Gemeinschaft miteinander haben; b) Die meisten Poren sind viel kleiner, als die Oeffnungen jeder gläsernen Haarröhrchen, so klein und eng, daß wir sie kaum oder gar nicht mit unserer Einbildungskraft fassen können. Daraus erfolget, daß ein flüßiges Auflösungsmittel mit großer Kraft in den festen Körper eindringe, und so vermögend sey, daß es den Zusammenhang der Theile leicht überwinde.

Dieses zu erklären, wollen wir setzen, das Wasser dringe in jede einzelne Poren eines Stückchen Holzes oder Zuckers ein mit einer Kraft, welche dem Gewichte eines Grans gleich sey. Wenn wir ferner annehmen, daß besagtes Stückchen 10000000 Poren habe: so übt das Wasser auf dieselben eine Kraft aus, welche gleich ist dem Gewichte von 10000000 Gran, oder 13000 Pfund.

2) Die Kraft der eindringenden und auflösenden flüßigen Materie wird durch die Feinheit der flüßigen Theile verstärket. Denn a) je feiner diese Theile sind, desto mehr können zugleich einen Theil des aufzulösenden Körpers berühren, und in desto mehrere Zwischenräume desselben eindringen. b) Da die Oberfläche eines Körpers bey der nämlichen Masse desto größer wird, je mehr derselbe zertheilt wird: so folgt auch, daß sich feinere Theilchen in mehrern Punkten an den aufzulösenden Körper anhängen, mit größerer Gewalt in denselben eindringen, und ihn leichter auflösen.

§. 233.

§. 233.

Lehrs. Wenn das Menstruum gehöriger Maßen flüßiger gemacht wird; so wird auch seine auflösende Kraft vermehrt.

Bey größerer Flüßigkeit wird der Zusammenhang der flüßigen Theile vermindert. Dadurch sondert sich eins von dem andern bey dem Eingange in die Poren des festen Körpers leichter ab; sie dringen geschwinder und stärker in dieselben ein, und lösen hiemit den Körper leichter auf.

Zus. Daraus läßt sich erklären 1) warum eine zähe Flüßigkeit z. B. Milch gewisse Körper z. B. Zucker nicht so geschwinde auflöse, als wenn sie mit Wasser verdünnt ist. 2) Warum bey Zucker oder Gummi, wenn hinlängliches Wasser hinzugegossen wird, die Auflösung anfangs geschwinder von statten gehe. Denn das Wasser wird durch Beymischung des Zuckers oder Gummi nach und nach klebrichter und zäher; und dadurch wird die Geschwindigkeit und folglich auch die Auflösungskraft vermindert.

Anmerk. Es ist wohl zu bemerken, daß eine bestimmte, nicht zu große Flüßigkeit erfodert werde, eine Auflösung zu erleichtern; denn es ist aus der Erfahrung bekannt, daß die Flüßigkeit eines sonst klebrichten flüßigen Wesens, wenn es einmal gehöriger Maßen mit Wasser verdünnt ist, wenig vermehrt werde, obschon noch eine größere Menge Wasser beygegossen wird. So wenn man zu vier Unzen dicken Syrup ein Pfund Wasser gießet: so wird er schier, wie Wasser flüßig. Gießt man hernach noch

ein Pfund Wasser hinzu: so wird er nicht merklich flüßiger werden. *

§. 234.

Die Kraft eines flüßigen Auflösungsmittels wird noch auf unterschiedliche Weise verstärkt und zwar

1) Durch die Ausdehnung der in dem festen Körper versteckten Luft. Denn da bey den Auflösungen der Salze, des Zuckers, der Harze, der Metalle 2c. häufige Luftbläschen erscheinen: so ist dieses ein Anzeichen, daß in den Zwischenräumchen dieser Körper die Luft zuvor unsichtbar und zusammengepreßt verborgen lag. Indem nun durch das eindringende Menstruum die Poren erweitert werden; so dehnt sich die Luft aus, und hilft dadurch die Theile von einander trennen. **

2) Die Auflösung wird durch die Wärme befördert, diese mag nun von außen mit Fleiße beygebracht werden, oder durch die Auflösung selbst, wie bey Ablöschung des gebrannten Kalkes mit Wasser, oder bey

* Nicht deswegen, weil das Menstruum durch Zugießung einer überflüßigen Menge z. B. Wassers nicht merklich flüßiger wird, wird die Auflösung nicht erleichtert; sondern weil das Menstruum selbst dadurch zusehr verdünnet, zerstreuet, und geschwächt wird.

** Beccaria hat durch mehrere Versuche beobachtet, daß einige Körper geschwinder in der Luft, als im leeren Raume, andere leichter in diesem, als in jener sich auflösen. Scherffer hat das nämliche erfahren. s. n. 2. *exercit.* 3. *phys. part.*

bey Zugießung des Vitriolöls auf Salpeter zu geschehen pflegt, entstehen. Denn a) durch die Wärme wird die Zähigkeit oder der Zusammenhang des Menstruums vermindert; und die Theilchen werden feiner, daß sie leichter in die Poren eindringen, wohin gröbere nicht kommen können. b) Durch die Wärme wird der aufzulösende Körper selbst ausgedehnt; und leistet dem Menstruum weniger Widerstand. c) Die Wärme vermehrt die Schnellkraft der eingeschlossenen Luft, wovon schon oben geredet worden ist.

3) Durch eine äußere Bewegung läßt sich die Auflösung beschleunigen, es mag nun seyn, daß das Menstruum durch sein eigenes Gewicht im Fallen dazu beytrage, oder daß das Gefäß, worinn die Auflösung gemacht wird, geschüttelt werde. In diesem letztern Falle gereicht noch zum besondern Vortheile, daß diejenigen Theile des Menstruums, welche schon einen Theil aufgelöst haben, und damit gesättigt sind, durch die Bewegung hinweg gestoßen werden, und hiemit Platz machen, daß sich immer neue Theilchen dem aufzulösenden Körper nähern können.

4) Die Kraft des aufzulösenden Körpers wächst in dem Verhältnisse, wie der Widerstand des aufzulösenden geschwächt wird, welches geschieht, wenn ein fester Körper in kleinere Theile zerschnitten, zerstoßen, geschabt wird, u. d. gl. m.

§. 235.

Lehrs. Die Vertheilung und Erhebung der aufgelösten Theile durch das Menstruum entsteht theils aus

aus der Art der Auflösung; und ist theils der Luft, welche an den aufgelösten Theilchen anhängt, und nach den Regeln der Hydrostatik in die Höhe steigt, zuzuschreiben.

Nachdem einige Partikelchen des Menstruums ppp (Fig. 67.) das äußerste Theilchen des aufzulösenden Körpers G von den übrigen Theilen B und C abgesondert haben: so sieht jederman ein, daß das Theilchen G von dem dazwischendringenden flüßigen Wesen gehoben werde, und die Lage annehme, wie die Figur 68. zeiget. Da ferner, nach losgerissenem Theilchen G, das Menstruum die Theile B und C angreift, und von den untenliegenden Theilen D, E, F trennet; so müßen nicht nur B und C in die Höhe gehoben, sondern auch G höher getrieben und in die Lage Fig. 69. gebracht werden.

Aber auch die in dem Menstruum aufsteigende Luft trägt viel zur Erhebung der aufgelösten Theilchen bey. Es ist angenehm zu sehen, wie bey Auflösung der Metalle im Scheidewaßer, oder der Salze, des Zuckers ꝛc. in gemeinem Waßer häufige Luftbläschen aufsteigen, und aufgelöste Metall- oder Salztheilchen mit sich führen. Diese Luftbläschen sind wenigstens achthundertmal leichter, und die metallischen Theilchen höchstens vierzehn bis neunzehnmal schwerer, als das Waßer; folglich machen sie zusammen einen Körper aus, welcher spezifisch leichter ist, als das Menstruum, und müßen also nach den hydrostatischen Gesetzen in die Höhe steigen.

§. 336.

§. 236.

Lehrsatz. Daß die aufgelösten Theile in dem Menstruum vertheilt herumschwimmen, kömmt theils von der Klebrichkeit des flüßigen Körpers her, theils von der Kraft, mit welcher sie jenem anhangen.

Da der Körper durch sein Menstruum in die kleinsten Theilchen zerlegt wird; so wird das Gewicht eines jeden einzelnen Theilchen so gering, daß sein Druck theils von der Klebrigkeit des flüßigen Körpers, theils von der Kraft, mit welcher es diesem anhängt, leicht überwunden werden könne.

§. 237.

Wir finden oft, daß der Raum des Menstruums und des aufgelösten Körpers zusammengenommen nach der Auflösung kleiner sey, als der Raum, den sie vor der Auflösung einnahmen. Ja sogar der Raum, den beyde nach geschehener Auflösung einnehmen, ist zuweilen gleich dem Raume, den das Menstruum allein einnahm. So löst Wasser das Salz auf, und nimmt es in sich, ohne merkliche Vergrößerung des Raums, den es zuvor eingenommen hatte. Die aufgelösten Theilchen gehen nämlich in die Poren des Menstruums ein, welche entweder ganz leer waren, oder von der Luft während der Auflösung sind befreyet worden.*

Wir beobachten ferner, daß sich nur eine gewisse Menge von dem aufzulösenden Körper in einer

* Sieh oben §. 159. Anmerk.

ner gewissen und bestimmten Menge des Menstruums auflösen lasse, so zwar, daß, wenn noch etwas von neuem hinzugethan wird, dieses von dem Menstruum unberührt bleibe. Dieser Zustand heißt der Stand der Sättigung, saturatio menstrui.

Indessen ist zu bemerken, 1) daß, obschon ein Menstruum von einem aufgelösten Körper gesättigt ist, es dennoch im Stande sey, andere Körper von verschiedener Art aufzulösen. Z. B. gesättigte Salpeterauflösung löst noch gemeines Kochsalz auf. 2) Giebt es Arten von Menstruum, welche, nachdem sie einen Körper aufgelöst, und in sich aufgenommen haben, alsdenn erst die Kraft erhalten, einen andern Körper aufzulösen, welches sie für sich allein zu thun nicht vermögend wären. So wenn das Wasser zuvor Salz aufgelöst hat, und damit gesättigt ist, bekömmt es die Kraft fette Körper, Metalle, 2c. aufzulösen.

V. Artikel.

Von der Auflösung ins besondere.

§. 238.

Weil in der Folge öfters Meldung geschehen wird von dem Salze, dessen Verschiedenheit und mancherley Geiste; so mag es dienlich seyn, eine kurze Erklärung vorauszuschicken. Eine weitläuftigere wird an seinem Orte gegeben werden.

Die Salze werden in saure, alkalische und in Mittelsalze oder Neutrale eingetheilt.*

Die vorzüglichern Eigenschaften der sauern Salze sind; 1) erregen sie auf der Zunge und in der Nase eine Empfindung, welche wir sauer zu nennen pflegen. 2) Wenn sie mit Körpern, die alkalisch sind, vermischt werden, so lösen sie dieselben mit einem Aufbrausen auf. 3) Färben sie die blauen Pflanzensäfte roth.

Die alkalischen Salze haben 1) einen brennenden, urinösen Geschmack und Geruch; brausen 2) mit sauren Salzen auf; und färben 3) die blauen Pflanzensäfte grün.

Das alkalische Salz ist entweder flüchtig, wenn es schon bey gelinder Wärme verdünstet; oder feuerbeständig, welches auch das stärkste Feuer erträgt, ohne zu verdünsten. Solches ist z. B. die Potasche.

Neutrale

* Sieh meine Naturgeschichte 1782. 1. Th. 3. Klasse.

Neutrale oder Mittelsalze sind aus einem alkalischen und sauern Salze zusammengesetzt.* Solche sind, Kochsalz, Salpeter, Salmiak ꝛc.

Geister sind feinere flüßige Wesen, welche aus unterschiedlichen Körpern meistentheils durch die Destillation abgezogen werden, und aus Wasser und feinen flüchtigen schwefelichten oder salzichten Theilchen bestehen. Daher heißen einige Schwefelgeister, andere Salzgeister; und diese sind entweder sauer, oder alkalisch, oder zusammengesetzt.

§. 239.

Es ist bekannt, daß unterschiedliche Körper nur von gewissen Menstruen sich auflösen lassen.**

1) Das Wasser löst schier alle Salze auf; nicht aber a) schwefelichte, b) erdichte, c) metallische Körper, wenn nicht etwa viel Salz darinn enthalten ist; und in diesem Falle werden sie nicht sowohl durch das Wasser, als von dem im Wasser zuerst aufgelösten Salze aufgelöst.

2) Saure Salze, besonders die sauern Geister lösen alle alkalische Erden und Metalle auf. Schwefelichte und harzichte Körper lösen sie für sich selbst nicht auf; auch Glas, Wachs und andere Körper lassen sie unberührt.

3) Alkalische Salze lösen fette Körper auf. Alkalische flüchtige Geister, z. B. Uringeist, Salmiakgeist ꝛc. lösen Gold, Silber, Kupfer ꝛc. und alle schwefelichte Körper auf. Alkalische Laugen mit Kalk vermischt

* Nicht alle.

** Sieh 3 Th. §. 67.

vermischt lösen schier alle vegetabilische und animalische Körper auf.

4) Von den schwefelichten Geistern, z. B. Alkohol oder rektifizirter Weingeist löst alle wässerichte, alle saure aus der Gährung entstandene Körper, ferner reine alkalische flüchtige Salze, die meisten Seifen ꝛc. auf; aber nicht das gemeine Kochsalz, weder Metalle, noch Steine ꝛc.

5) Queckfilber macht schier mit allen Metallen ein Amalgama; greift hingegen andere Körper nicht an.

§. 240.

Die Verschiedenheit der Auflösungen hängt ab bald von der unterschiedenen Stärke und Härte der aufzulösenden Körper, bald und meistentheils von der verschiedenen Wirksamkeit der Menstruen, bald von beydem zugleich.

Anmerkung. Die verschiedene Härte der Körper ist selten die Ursache, warum sich verschiedene Körper verschiedentlich auflösen lassen. Sowohl weiches, als hartes Gummi widersteht auf gleiche Weise dem Quecksilber, von dem doch Gold aufgelöst wird. Saure Geister lassen weiches Wachs unverletzt, und greifen die härtesten Metalle an.*

§. 241.

Die Wirksamkeit des Menstruums ist größer oder kleiner, nachdem seine Anhängungskraft stärker oder

* Sieh. 3. Th. §. 68. folg.

oder schwächer ist. Diese aber hängt ab a) von der unterschiedlichen Feinheit und Klebrigkeit seiner Theilchen; (§§. 232. 233.) b) Von der verschiedenen Größe und Figur der Poren des aufzulösenden Körpers; (§. 232.) c) Von dem, daß die Theile, woraus das Menstruum besteht, mehr oder weniger Verwandtschaft mit den Theilen haben, woraus der aufzulösende Körper zusammengesetzt ist. Z. B. wenn das Menstruum und der aufzulösende Körper aus ölichten oder salzichten Theilen bestehen; so wird die Wirksamkeit des Menstruums größer seyn.

Zusatz. 1. Daraus erhellt, warum Glas alle bekannte Auflösungsmittel, Feuer ausgenommen, in sich fasset, ohne von denselben aufgelöst zu werden. Denn es läßt sich hievon keine andere Ursache angeben, als weil die Poren enger sind, als daß das Menstruum in dieselben eindringen könne. *

Zus. 2. Indem einige Flüßigkeiten, deren Theile stärker unter sich zusammenhangen, als mit gewissen festen Körpern, in diese nicht eindringen können: so ersieht man daraus, warum Quecksilber weder Holz, weder Zucker auflösen könne, obschon es Gold auflöset; ferner warum saure Geister weder Butter, weder

* Vergleiche diesen Zusatz 1. mit dem folgenden 2.) Sal alembrot, eine Mischung von Sublimat und Salmiak, beißt auch das Glas durch. s. D. Ludolfs Chymie 6 K. 14 §. Sind dann die Poren des Glases wirklich enger, als aller Metalle? s. oben §. 2. Anmerk. ferner §. 3. Zus. 4.) Hat vielleicht Holz oder Papier engere Poren, als Gold und Zinn, weil z. B. Quecksilber in diese Metalle eindringt, nicht aber in jene Körper?

der Wachs, noch Harze auflösen, obgleich von ihnen Metalle aufgelöst werden; warum Wasser Gummi, und nicht Harze auflöse; hingegen vom Weingeiste Harz, nicht aber Gummi, aufgelöst werde. Denn die Harze sind aus salzichten, sauern und sehr ölichten Theilen zusammengesetzt; das Wasser aber hängt sich an die Oele nicht an; hingegen enthält der Weingeist viel ölichtes Wesen. Gummi besteht aus erdichten Theilen und etwas wenig Oel und Salz, woran das Wasser stark, Weingeist aber nur leicht anhängt.

§. 242.

Man erfährt oft, daß durch ein Menstruum die Theile eines Körpers dergestalten voneinander getrennt werden, daß ein jedes einzelne Theilchen von der nämlichen Art bleibe, wie das ganze. So wenn Zucker, Kochsalz, Salpeter, Gummi ꝛc. in gemeinem Wasser aufgelöst wird: hat ein jedes Tröpfchen, dem ein Theilchen des aufgelösten Körpers anhängt, den nämlichen Geschmack und Geruch, den vor der Auflösung der ganze Körper hatte; und wenn hernach das Menstruum gehöriger Maßen verdämpfet, so entsteht der nämliche Körper wieder, welcher vor der Auflösung gewesen war. Desgleichen wenn Eis, gestandenes Oel, Butter, Metalle durch das Feuer aufgelöst und flüßig werden: so bleiben die kleinen flüßigen Theile von der nämlichen Art, wie sie vor dem Schmelzen gewesen waren, und gehen auch in den vorigen Zustand wieder zurücke, nachdem die Feuertheilchen zu wirken aufhören.

§. 243.

Bisweilen aber wird ein Körper so aufgelöst, daß nach geschehener Trennung die Theile sowohl unter sich, als vom ganzen Körper, zu welchem sie gehörten, unterschieden sind. Z. B.

I. Man löse Salmiak, welcher seinen eigenen Geschmack, aber gar keinen Geruch hat, in Wasser auf: so wird ein jedes Tröpfchen nach Salmiak schmäcken, ohne den mindesten Geruch von sich zu geben; und nach vorhergegangener Verdämpfung des Wassers wird alles wieder zu Salmiak. Weinsteinsalz verhält sich eben so bey der Auflösung in Wasser. Wenn man aber die Lauge des aufgelösten Weinsteinsalzes auf pulverisirten Salmiak gießt; so wird dieser so aufgelöst, daß ein heftiger Geruch eines flüchtigen Laugensalzes entsteht, welcher zuvor weder an dem Salmiak, weder an der Lauge des Weinsteinsalzes bemerkt wurde. Man hat auch nicht mehr den Geschmack des Salmiaks, noch jenen der Lauge, sondern einen ganz besondern. Ferner wenn diese Mischung verdämpfet, so giebt es weder Salmiak, noch Weinsteinsalz, sondern eine besondere Gattung Salz.

Zus. Bey dieser letzten Auflösung gehen Theile aus dem Körper, nämlich flüchtige alkalische Salze, von denen man zuvor keine Spur hatte. Weil aber bey der Theilung eines Körpers nichts herausgehen kann, was nicht zuvor darinn war; (§. 7.) und weil nach der Auflösung ein so heftiger Geruch entsteht: so muß ein jeder gestehen, daß diese alkalischen Theile schon zuvor in dem Salmiak verborgen, und auf das innigste mit den übrigen Bestandtheilen desselben verbun-

bunden waren; nun aber durch das Laugensalz von denselben losgemacht ihre eigene Wirksamkeit erhalten haben.

II. Salpeter in Wasser aufgelöst behält seine Haupteigenschaften in den kleinsten Theilchen; und wird nach Verrauchung des Wassers wieder Salpeter. Wird er aber in Vitriolöle aufgelöst; so entsteht eine Wärme, rothe schädliche Dämpfe steigen in die Höhe; und man erhält dadurch einen starken sauern Geist, das sogenannte Scheidewasser, welches Metalle auflöst.

Zusatz. Ein in der Naturlehre Unerfahrner vermuthet nicht, daß ein so starker Geist in dem Salpeter solle verborgen liegen. Es verhält sich aber hiemit, wie oben von dem Geiste des Salmiaks gesagt worden ist. Denn 1) nichts kann aus einem Körper gezogen werden, was nicht zuvor darinn enthalten ist; (§. 7.) und 2) man erhält wieder wahren Salpeter, wenn das Scheidewasser mit Alkali in gehöriger Maße vermischt wird.

III. Hirschhorn läßt sich hundert und mehrere Jahre aufbewahren, und bleibt dabey so hart und trocken, daß es scheint, als sey nicht die mindeste Feuchtigkeit darinn. Man spürt auch daran weder Geruch, weder Geschmack. Wenn es aber destillirt wird; so löst es sich auf, und giebt ein häufiges Wasser, einen alkalischen Geist, und ein Oel von sich 2c.

Zusatz. Daraus läßt sich abermal schließen, daß aus einem und dem nämlichen Körper Theile von sehr verschiedener Art und Gattung durch die Auflösung können gezogen werden, welche zuvor dergestalten

darinn verborgen lagen, daß sie ohne alle Kraft und Wirksamkeit zu seyn schienen.*

IV. Wenn Bier in ein Faß gethan wird, worinn zuvor Essig war; so wird es auch essigsauer. Daher pflegen diejenigen, welche aus Bier Essig machen, die Fässer nicht auszuschwenken, in welchen zuvor Bieressig enthalten war. Sauerteig wird von Tage zu Tage sauerer, und säuert das Mehl, unter welches er gemischt wird.

§. 244.

Die Art, wie sich verschiedene miteinander verbundene Bestandtheile der Körper entwickeln, und losmachen, ist folgende.

I. Salmiak entsteht aus der Verbindung eines flüchtigen urinösen Salzes und einer Säure. Wenn nun aufgelöstes Weinsteinsalz mit Salmiak vermischt wird: so löst sich dieser auf; wobey die flüchtigen urinösen Theile durch die Lauge des Weinsteins von der Säure losgemacht werden, und wegen ihrer respektive größern Leichtigkeit aus der Mischung in die Luft steigen, und als flüchtige Dünste jenen heftigen Geruch erregen.

II. Die Theile, welche das Scheidewasser ausmachen, sind in dem noch unaufgelösten oder nur mit Wasser aufgelösten Salpeter mit dem alkalischen Salze innigst vereinigt, und daher unwirksam. Wenn aber Vitriolöl darauf gegossen wird; so wird der Salpe-

ter-

* Anwendung auf die gebundene und auf die aufgelöste Feuermaterie, u. s. w. s. 2. Th. §§. 61. 62.

tergeist von dem Alkali durch das Vitriolöl losgemacht; und indem sich dieses Oel mit dem Alkali während der Auflösung verbindet, wird jener ausgetrieben; steigt in Gestalt der Dünste in die Höhe, und giebt in andern Gefäßen gesammelt das Scheidewasser.

III. Wenn Bier in ein Faß gefüllt wird, in welchem vorher Essig war; so stelle man sich vor, es werde anfänglich nur ein saures Salztheilchen A von den Wänden des Fasses losgerissen, und mit dem Biere vermischt. Wenn dieses auf ein anderes dergleichen Theilchen B, deren eine große Menge in dem Biere ist, anstößt; so entwickelt es dieses durch seine Bewegung, und löst es auf. Nun ist auch dieses in Bewegung gesetzt, und hat eine auflösende Kraft. Diese beyden sauern Salztheilchen A und B stoßen weiter auf andere, diese wieder auf ihre benachbarten; und so werden nach und nach mehrere von ihren Banden befreyet, und in Bewegung gesetzt, bis endlich bey immer zunehmender Auflösung die ganze Biermasse sauer wird. Auf gleiche Weise läßt sich erklären, wie ein Sauerteig und andere gährende Materien von Zeit zu Zeit in eine größere Säure übergehen.

§. 245.

Zusätze. Aus diesem folgt nun offenbar.

1) Daß aus einem und dem nämlichen Körper mehrere unter sich ganz verschiedene Theile mittelst der Auflösung können gezogen werden.

2) Daß die aufgelösten Theile mehrentheils andere ihnen gleichartige auflösen, z. B. die sauern andere

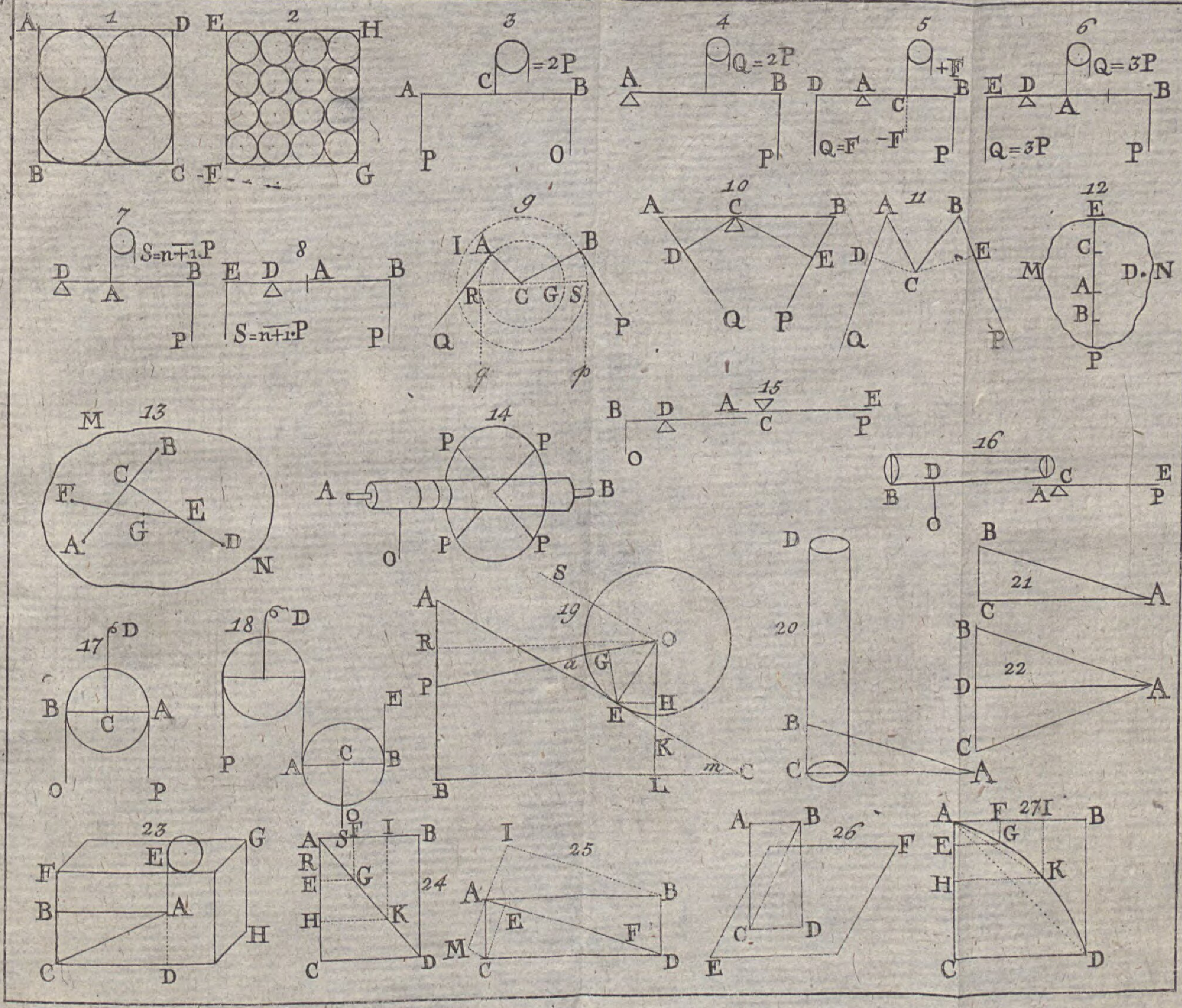
dere saure.* Indem die Kraft des Menstruums desto stärker ist, je größer die Anziehungs- oder Anhängungskraft ist: so ist klar, daß die Auflösungskraft am stärksten sey, wenn die schon aufgelösten Theile auf andere homogene unaufgelöste stoßen, weil in diesem Falle die Anhängungskraft, wenn sonst nichts entgegen ist, am stärksten zu seyn pflegt.**

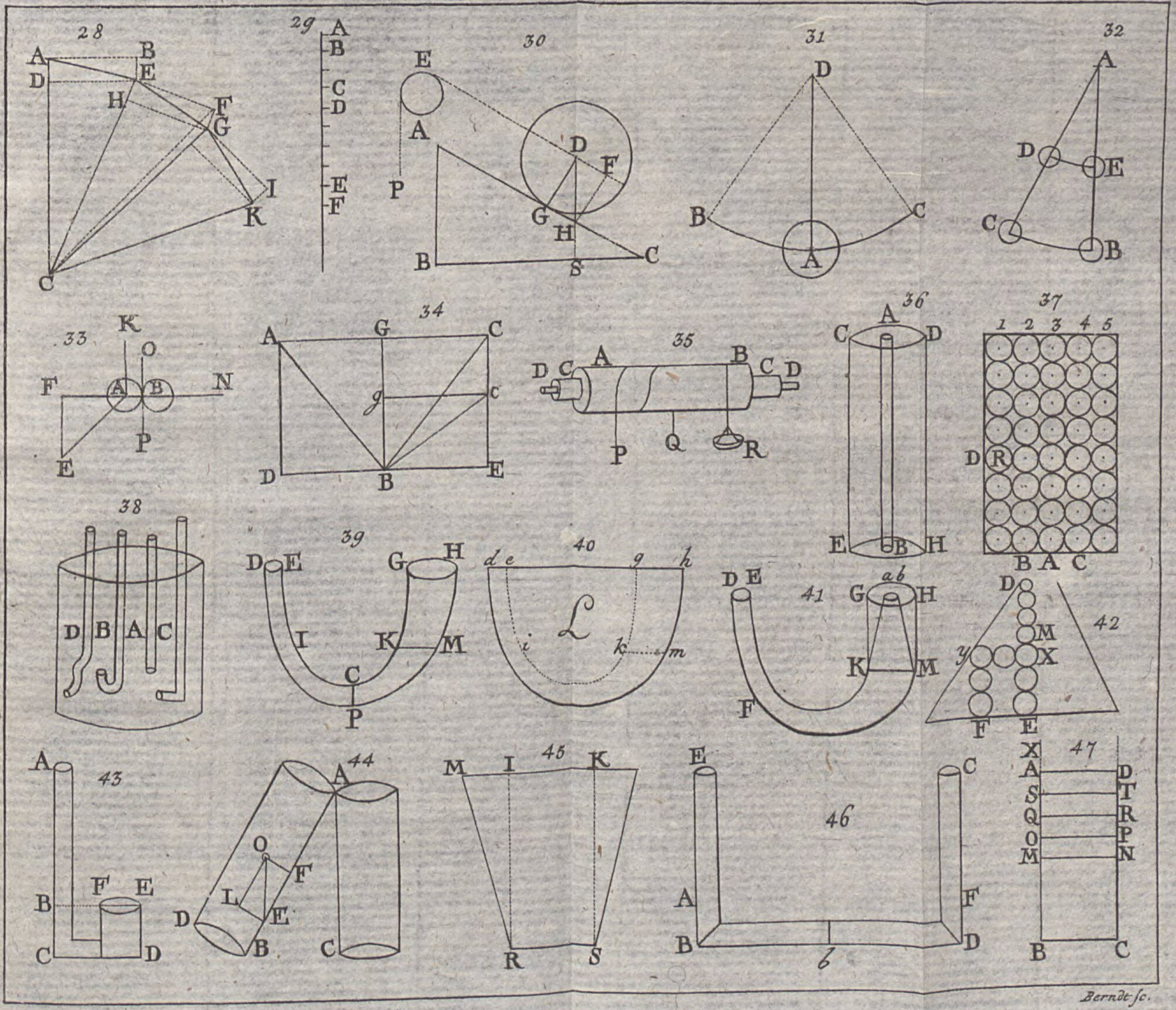
3) Daß die homogenen Theile von andern homogenen oder heterogenen aufgelöst, z. B. der vom Vitriolöle aufgelöste Salpetergeist, selbst die Kraft erhalten, andere Körper aufzulösen.

* Mehrere Beyspiele hievon werden bey der Theorie des Feuers, der Gährung, Fäulung 2c. angegeben. s. 2. Th. §. 58. 2c. 3. Th. §. 62. 2c.

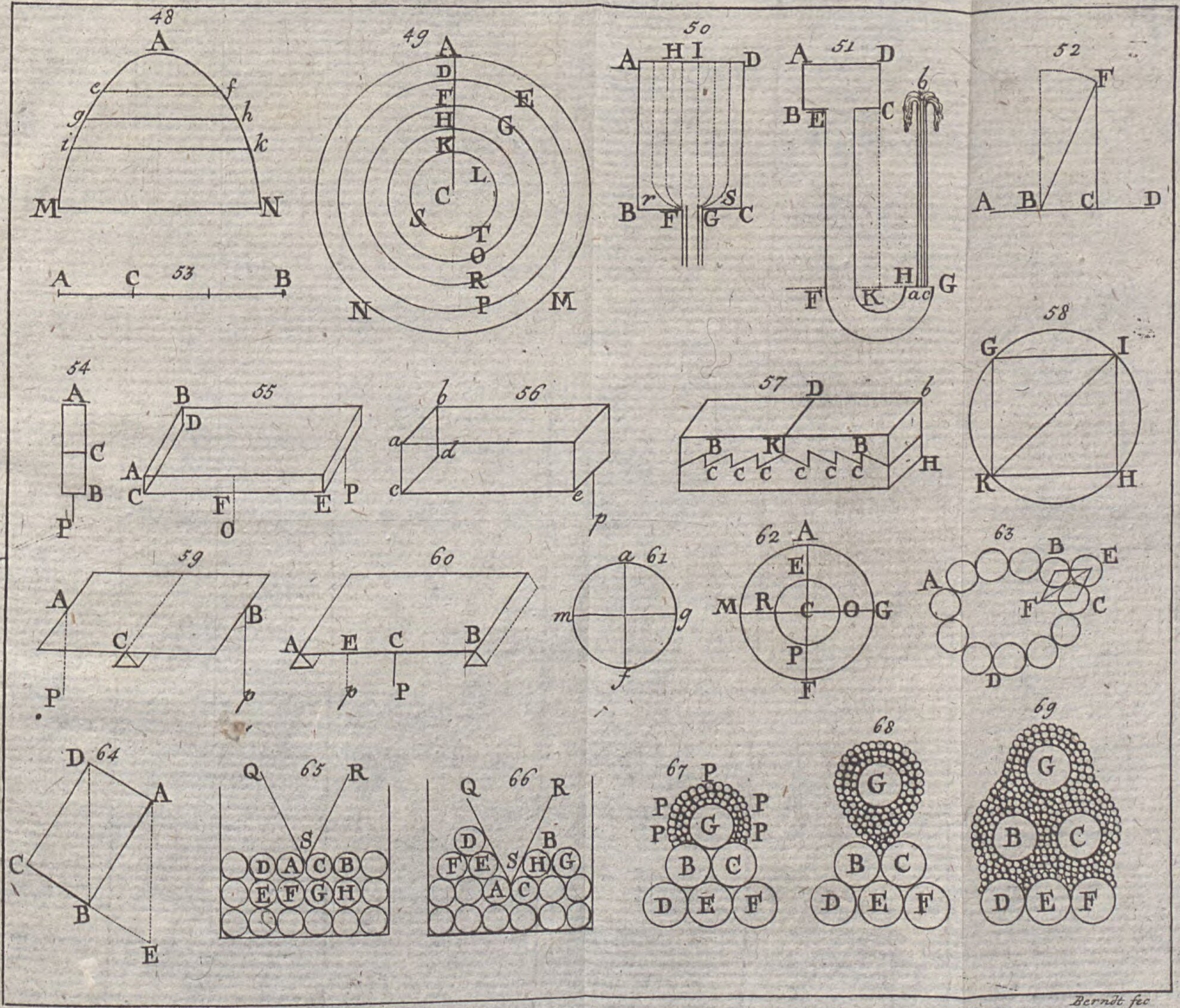
** Wie kömmt es aber, das Scheidewasser den Salpeter, Vitriolöl den Gips, Kochsalzsäure das Kochsalz 2c. nicht auflöset? Vergleiche hiemit §. 239. 1. Th. und die Bergmännische Verwandtschaftstabelle 3 Th. §. 67. u. f.

Ende des ersten Theils.


1
2
3
=2P
4
Q=2P
5
+F
Q=F
-F
6
Q=3P
Q=3P
7
S=n+1.P
8
S=n+1.P
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27


28
A B E D H F G I K C
29
A B C D E F
30
E A P D F G H B S C
31
D B C A
32
A D E C B
33
K O F A B N P E
34
A G C g c D B E
35
D C A B C D P Q R
36
A C D E B H
37
1 2 3 4 5
D R
B A C
38
D B A C
39
D E G H I K M C P
40
d e g h
L
i k m
41
D E ab G H K M F
42
D M y X F E
43
A B F E C D
44
A O F L D E B C
45
M I K R S
46
E C A F B b D
47
X A S Q O M
D T R P N
B C

Berndt sc.



Berndt fec

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Bruchausen, Anton

Anton Bruchausen Professor auf der Universität zu Münster Anweisung zur Physik mit 3 Kupfertafeln

Bd.: 1

Mainz 1790

Phys.g. 57-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130836-7
VD18 80052223